

Pitkän aikavälin muutokset vesikasvillisuudessa etelähämäläisillä järvillä

Alinen Rautjärvi, Ormajärvi sekä Tuuloslammet

Aija Aakula

Degree Thesis

Thesis for a Natural Resources (UAS) - degree

Sustainable Coastal Management

Tammisaari 2023

DEGREE THESIS

Author: Aija Aakula

Degree Program and place of study: Sustainable Coastal Management, Ekenäs

Supervisor(s): Stefan Heinänen, Suvi Mäkelä

Title: Long-term changes in aquatic vegetation in lakes of Southern Häme

Date: 18.1.2024

Number of pages: 42

Appendices: 6

Abstract

The study focused on examining the changes in aquatic vegetation in three lakes in southern Häme region. The study looked at aquatic vegetation in its broader sense – including species that are able to grow dominantly in water, are commonly found in deep water, or are to some extent adapted to the conditions in which they grow. The thesis mainly used the vegetation mapping material provided by Vanajavesikeskus and utilized it in both written and visual analyses. After the results were completed, it was obvious that two of the lakes showed signs of eutrophication and a large increase in plant species - in one, on the other hand, the trend was the opposite. Another detailed research question, in addition to species changes and coverage of aquatic vegetation, were alien species and the question of whether they are found and how their development has progressed in the lakes. Although alien species were observed in two of the lakes, their share of the local species was very small.

The assignment for the thesis was received from the Vanajavesikeskus.

Language: Finnish

Key Words: aquatic plants, lakes, alien species, catchment area, eutrophication

EXAMENSARBETE

Författare: Aija Aakula

Utbildning och ort: Sustainable Coastal Management, Ekenäs

Handledare: Stefan Heinänen, Suvi Mäkelä

Titel: Långtids förändringar i vattenvegetationen i sjöar i södra Tavastland

Datum: 18.1.2024

Sidantal: 42

Bilagor: 6

Abstrakt

Studien fokuserade på att undersöka förändringarna i vattenvegetationen i tre sjöar i södra Tavastland med olika profiler. Arbetet tittade på vattenvegetation i dess vidare bemärkelse – inklusive arter som kan växa dominerande i vatten, är vanliga på djupt vatten eller i viss mån är anpassade till de förhållanden de växer under. Avhandlingen använde huvudsakligen det vegetationskarteringsmaterial som Vanajavesikeskus tillhandahåller och utnyttjade det i både skriftliga och visuella analyser. Efter att resultaten var klara stod det klart att två av sjöarna visade tecken på övergödning och en stor ökning av växtarter – i den ena var trenden däremot den motsatta. En annan detaljerad forskningsfråga, förutom artförändringar och täckning av vattenvegetation, var främmande arter och frågan om de finns och hur deras utveckling har gått framåt i sjöarna. Även om främmande arter observerades i två av sjöarna var deras andel av de lokala arterna mycket liten.

Uppdraget för examensarbetet kom från Vanajavesikeskus.

Språk: Finska

Nyckelord: vattenvegetation, sjöar, främmande arter, avrinningsområden, övergödning

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Aija Aakula

Koulutus ja paikkakunta: Sustainable Coastal Management, Tammisaari

Ohjaaja(t): Stefan Heinänen, Suvi Mäkelä

Nimike: Pitkän aikavälin muutokset vesikasvillisuudessa etelähämäläisillä järvillä

Päivämäärä: 18.1.2024

Sivumäärä: 42

Liitteet: 6

Tiivistelmä

Tutkimuksessa keskityttiin tarkastelemaan vesikasvillisuuden muutoksia kolmella toisistaan profiililtaan poikkeavalla etelähämäläisellä järvellä. Työssä tarkasteltiin vesikasvillisuutta sen laajemmassa merkityksessä – kattaen sisälleen lajeja, jotka kykenevät kasvamaan vallitsevasti vedessä, niitä tavataan yleisesti syvässä vedessä tai nämä ovat joissain määrin sopeutuneita kyseisiin oloihin kasvupaikkanaan. Opinnäytetyössä käytettiin pääasiassa Vanajavesikeskuksen tarjoamaa kasvillisuuskartoitusaineistoa ja hyödynnettiin sitä niin kirjallisissa kuin visuaalisissakin analyyseissä. Tulosten valmistuttua oli ilmeistä, että kahdella järvistä oli merkkejä rehevöitymisestä sekä kasvilajien suuresta noususta – yhdellä puolestaan trendi oli päinvastainen. Toisena tarkentava tutkimuskysymyksenä vesikasvillisuuden lajimuutosten ja peittävyuden lisäksi olivat vieraslajit sekä pohdinta siitä, löytyykö niitä ja miten niiden kehityskulku on järvillä edennyt. Vaikka vieraslajeja havaittiin kahdella järvistä, oli niiden osuus paikallisista lajeista erittäin pieni.

Opinnäytetyön toimeksianto saatiin Vanajavesikeskukselta.

Kieli: Suomi

Avainsanat: vesikasvillisuus, järvet, vieraslajit, valuma-alueet, rehevöityminen

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Tausta	1
2.1	Vesikasvit	2
2.2	Vesikasvillisuuden muutokset	3
2.3	Järvien luokittelu	4
2.4	Ilmastonmuutos.....	5
2.5	Biodiversiteetti ja paikallinen lajikato	7
2.6	Vieraslajit	8
2.7	Tutkimuksen järvet.....	9
2.7.1	Alinen Rautjärvi	10
2.7.2	Ormajärvi	10
2.7.3	Tuuloslammet.....	11
3	Materiaali ja menetelmät.....	12
4	Tulokset ja keskustelu	17
4.1	Alinen Rautjärvi	17
4.2	Ormajärvi	25
4.3	Tuuloslammet.....	33
5	Johtopäätökset	40
6	Mahdolliset virheet	41
7	Lähteet	43
8	Liitteet.....	48

1 Johdanto

Vesikasvit niin ihastuttavat kuin vihastuttavat. Monien mielestä vesikasvit ovat vuotuinen riesa umpeuttaen rannat, mutta toisia niiden havina puolestaan rauhoittaa. Kauniina elementteinä vesikasvit kuuluvat olennaisesti suomalaiseen mielenmaisemaan järvien rantoja asuttaen. Vesikasvien *oikea* määrä ihmisten kannalta on kuitenkin varsin subjektiivinen käsite ja tätä pohdittaessa täytyy ottaa huomioon niiden positiiviset ekosysteemivaikutukset, kuten biologinen rooli vesiekosysteemissä sekä vedenlaatuun vaikuttavat tekijät (Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, 2023). Erilaiset vesikasvien elonmuodot vaihtelevat riippuen kyseessä olevasta vesistöstä ja niitä määrittävät muun muassa suojaisuus, pohjanlaatu, ravinnepitoisuus, rannan jyrkkyys sekä näkösyvyys (Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, 2023).

Päädyin aiheeseen Vanajavesikeskuksella suoritetun korkeakouluharjoitteluni loppupuolella tajutessani tavallisten tallaajien tietävän yllättävän vähän vesikasveista sekä niiden merkityksestä ekosysteemeihin, saati sitten ihmisten yhteydestä järvien rehevöitymiseen tai umpeenkasvuun. Kävin monessa tilaisuudessa kertomassa hämäläisille vieraslajeista, joista suuri osa oli (vesi)kasveja sytyttäen paloni aiheeseen – nyt haluten oppia niistä koko ajan lisää. Oli luonnollista, että näiden kokemusten jälkeen lopputyöni suuntautui myös vesikasvien pariin, vaikka varsinainen ehdotus otsikosta tuli ohjaajiltani Vanajavesikeskukselta.

Tutkailin käsiini saamaa historiallista aineistoa ja pohdimme tutkimuskysymystäni sekä hypoteesiani ennen tutkimuksen aloittamista Vanajavesikeskuksen tarpeiden näkökulmasta. Vanajavesikeskus mahdollisti vesikasvillisuuskartoitusten tutkimisen heiltä löytyvän aineiston pohjalta, joista vanhin vie lukijan 1800-luvun lopulle. Uskon vesikasvillisuuden muuttuneen tutkimuksessa kattamani ajanjakson puitteissa – varsinkin yllä mainittuun vanhimpaan kartoitukseen nähden. Selvittääkseen pitkänaikavälin muutoksia vesikasvillisuudessa Etelä-Hämeen järvissä on tutkimus tarpeen. Ihmistoiminta, ilmastonmuutos ja lajikato ovat uhkia, jotka ovat pinnalla keskusteluissa erittäin hyvästä syystä. Näiden kerrannaisvaikutukset voivat horjuttaa kovalla kädellä ekosysteemien tasapainoa ja toivottaa myös vieraslajit tervetulleiksi. Näistä syistä tutkimuksessa selvitettiin valikoitujen profiililtaan erilaisten etelähämäläisten järvien vesikasvillisuuden muutoksia niin lajiston kuin pinta-alan suhteen. Tutkimuksessa myös tarkasteltiin mahdollisia vieraslajeja sekä niiden esiintymistä järvillä samalla ajanjaksolla. Oli myös kiinnostavaa tarkastella saman reitin varrella olevien järvien mahdollisia yhtenäisiä trendejä. Tutkimuskysymykset olivat 1) onko vesikasvillisuudessa tapahtunut muutoksia, 2) onko yhteistä trendiä havaittavissa, sekä 3) löytyykö järviltä vieraslajeja.

2 Tausta

Yleisellä tasolla Suomen vesistöjen tila on 1970-luvulta saakka ollut kohenemaan päin (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010). Nykyään sisävesiemme tila on enimmäkseen hyvä (Suomen ympäristökeskus, 2023), vaikka eri valuma-alueilla ja järvillä ovat omat haasteensa. Vesikasvillisuutta on kuitenkin havainnoitu Suomessa toimitaasti jo 1930-luvulta lähtien – runsauden ja lajiston säätelyyn vaikuttavia tekijöitä on tutkittu varsin pitkään ja kartoituksia on tehty kohtuullisen paljon (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004). Vuodesta 2000 lähtien vesi- ja rantakasvien tutkimuksen määrään on saattanut

edesauttaa EU:n vesipolitiikan puite direktiivi (vesipuitedirektiivi), jonka pohjalta on kirjoitettu Suomen tärkein vesiensuojeluun liittyvä laki nimeltään Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä, johon liittyy myös asetus. Kiteytettynä vesipuitedirektiivin tavoitteena on hyvän laadullisen ja määrällisen terveyden varmistamiseen eli saastumisen vähentyminen sekä sen poistaminen kuin myös riittävän veden varmistaminen niin luonnon kuin ihmisten tarpeisiin (Euroopan komissio, 2023). Vesipuitedirektiivi vaatii kaikki EU:n jäsenmaat huolehtimaan pintavesiensä tilasta, selvittäen ja korjaten niiden tilan vähintään hyväksi tavoitteenaan vuosi 2027 (Suomen ympäristökeskus, 2019). Vesikasveilla on monia vaikutuksia vesikemiaan, joten nämä ovat yksi tarkastelun lähde analysoitaessa vesien tilaa.

2.1 Vesikasvit

Vesimakrofytyeillä eli vesi- ja rantakasveilla (Sojakka, Manninen & Airaksinen, 2004) tarkoitetaan suuria vesikasveja sek (Ilmarinen, 2007), jotka on mahdollista havaita paljaalla silmällä (Tieteen termipankki, 2023). Vesikasvit ovat korvaamattoman tärkeä osa järviluontoa (Ketola, 2020) ja luonnollisesti synnynnäinen osa järvien ravintoverkkoa (Leppäranta, Arvola & Huttula, 2021). Vesikasveilla on suuri merkitys niitä ympäröivään ekosysteemiin sekä siellä asuviin eliöihin tarjoamalla muun muassa suojaa, lisääntymisalueita, ravintoa, kasvualustan ja elinympäristön muille eläville olennoille (Leppäranta, Arvola & Huttula, 2021). Eryityisesti matalamman puoleisissa järvissä vesikasvillisuudella on myös suuri merkitys perustuotantoon (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004).

Vesikasvit tarjoavat erilaisia palveluja kanssaeläjilleen. Ne toimivat puskurivyöhykkeenä valuma-alueen ja ulapan välillä sekä suodattavat valuma-alueelta tulevan kuormituksen (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Elvonen, 2004) johtaen happea juuristonsa kautta sedimenttiin samalla kohentaen sen tilaa ja stabiloiden pohjaa sitoen sinne ravinteita (LUVY, 2005). Suuri biomassa vesikasveja hillitsee kasviplanktonlevien kasvua sitoen ravinteet itseensä (Laita, ym., 2007) ja tietyt lajit jopa tuottavat levien kasvua estäviä aineita—(LUVY, 2005). Kulttuurillista hyvinvointia väheksymättä on vesikasvillisuudella kulttuurinen merkitys, ja ne ovat olennainen osa vesi- ja rantamaisemaamme (LUVY, 2005).

Vesikasveilla on sangen laaja elonmuotojen kirjo, joka jaetaan elonmuotojensa perusteella seuraavasti 1) ilmaversoiset eli helofyytit, 2) uposlehtiset eli elodeidit, 3) kelluslehtiset eli nymfeidit, 4) pohjaversoiset eli isoetidit, 5) irtokellujat eli lemmidit, 6) irtokeijujat eli keratofyllidit, 7) vesisammalet eli bryidit, sekä näiden lisäksi makro- eli suurlevät ja vesisammalet (LUVY, 2005). Ilmaversoisten kasvien versot ovat pääosin ilmassa, mutta niiden tyvi on veden alla litoraalivyöhykellä (Piirainen, ym., 2009). Hieman etäämmällä rantaviivasta, noin metrin syvyydellä kelluslehtiset alkavat vaikuttamaan. Niiden juuret ovat kiinnittyneet järven pohjaan ja varret huojuvat veden alla lehtien sekä kukinnon kelluen pinnalla—(Opetushallitus, 2023). Uposkasvit, jotka ovat kokonaan veden alla (Opetushallitus, 2023) juurtuvat kelluslehtisten joukkoon, josta ne usein etenevät lähemmäksi ulappaa (Piirainen, ym., 2009). Irtokellujat ja -keijujat ovat veden vietävissä sekä vesipatsaan ravinteiden varassa eläviä juurtumattomia kasveja (Piirainen, ym., 2009). Pohjalehtiset vesikasvit ovat lujasti juurtuneet järven pohjaan kiinni vaikkakin niiden varsi on lyhyehkö ja lehdet pohjan tuntumassa (Vuorinen, Soili, 2004). Vesisammaleet, jotka esiintyvät joko vapaasti keijuvina, kelluvina tai upoksiin kiinnittyneenä—(Laita, ym., 2007) voivat kasvaa syvälläkin vedessä, jopa kymmenessä metrissä (Piirainen, ym., 2009).

Vesikasvit voidaan jakaa elomuotojen lisäksi myös niiden ravinteisuusryhmiin, jotka ovat vaihtelevat karusta rehevään ja kaikkea tältä väliltä.

Rantakasvit muodostavat monesti selkeitä vyöhykkeitä järvien läheisyydessä (Piirainen, ym., 2009). Monissa järvissä vesikasvillisuus keskittyy ranta-alueisiin johtaen rantavyöhykkeen tuotannon selkeästi korkeampaan tehokkuuteen selkävesiin verrattuna (Leppäranta, Arvola & Huttula, 2004). Litoraalivyöhykkeellä on ratkaiseva merkitys siihen, millaisia kasveja järvellä on mahdollista kasvaa. Usein käytetty vyöhykejako pohjautuu vaihteluun vedenkorkeudessa. Vyöhykkeillä on elonmuotojen sijoittumisen kannalta ratkaiseva merkitys, yhdessä pohjan laadun ja rannan muodon kanssa. Voisi yleistää, että rannan ollessa loiva muodostuvat vyöhykkeet nättisti selvästi havaittaviin osioihin, kun puolestaan rannan ollessa äkkisyvä jää moni elomuoto kokonaan pois. Tässä tutkimuksessa on pyritty tarkastelemaan kasveja eulitoraalivyöhykkeeltä, eli matalan ja korkean veden välisellä alueella, lähtien aina profundaaliselle, eli valottomalle pohjavyöhykkeelle saakka. Vesikasvien esiintymiseen vaikuttavat erilaiset ekologiset tekijät. Näitä ovat suppeasti listattuna: aallokko, virtaukset, valo, veden laatu, sedimentaatio sekä sedimentin laatu (Eloranta, 1992).

2.2 Vesikasvillisuuden muutokset

Vesikasvillisuus reagoi herkästi muutoksiin ollen mainio tiedon välittäjä tutkijoille (Karlsson, 2016). Erityisesti pitkänaikavälin kuluessa tapahtuvat muutokset lajistossa ja kasvillisuuden peittävyudessa ilmentävät hyvin veden tilaa ja siinä tapahtuvia muutoksia (Asp). Vesikasvien avulla voidaan heijastaa esimerkiksi vesistön likaantuneisuutta tai ravinnepitoisuuksien muutoksia ja niiden vakiintumiseen vaikuttavat monet tekijät (Hansen & Snickars, 2014). Rantaan saattaa kohdistua eroosiota tai kulkeutuvista liejista, mudasta ja lehdistä muodostua törkyvalli syöden kasvien kasvualaa (Piirainen, ym., 2009). Osa ihmistoiminnasta on haitallista vesistöille, suurimpia tekijöitä ovat jätevedet sekä muusta toiminnasta, kuten maataloudesta, huuhtoutuva kuormitus rehevöittävine vaikutuksineen. Rantalaidunnuksen vähentyminen sekä veden säännöstely muodostavat omat ongelmansa, ja esimerkiksi kevättulvat sekä jäät saattavat hankaloittaa vesikasvien vakiintumisprosessia (Piirainen, ym., 2009).

Vesikasvillisuuden muutoksia tarkastellessa täytyy kiinnittää huomiota näiden esiintymiseen vaikuttaviin ekologisiin tekijöihin. Veden virtauksilla on suora vaikutus vesikasveihin, sillä kova aallokkoisuus lisää versoihin kohdistuvaa räsitusta ja muovaa pohjan laatua erilaiseksi mahdollisesti epäedulliseen suuntaan, tuo mukanaan samentavia hiukkasia ja lisää ravinteiden määrää (LUVY, 2005). Toisaalta tietyt lajit suorastaan edellyttävät virtaavaa vettä tai vähintään sitä, ettei vesi ole täysin seisovaa kuten purovita ja jokileinikki. (Mäkelä S. , Vesikasvillisuus Etelä-Hämeessä, 2023). Vedenkorkeuden vaihtelulla on poikkeuksellinen merkitys vesirajan tuntumassa olevalla vyöhykkeellä ajaen lajien sopeutuvan satunnaiseen ”kuivilla” oloon (Eloranta, 1992). Talvisella jäätymisellä pohjaan saakka voi olla haitalliset seuraukset tietyille lajeille, jos esimerkiksi vesi on matalampaa syksyllä, jonka seurauksena järvi jäätyy pohjaan saakka kauemmaksi rannasta kuin normaalisti. Suuri merkitys vesikasvillisuudelle on luonnollisesti veden kemiallisella laadulla, sillä erityisesti moni uposkasvi kykenee haalimaan ravinteensa suoraan vesipatsaasta, ja näille haitallisinta ovat nopeat vaihtelut sekä ääriarvojen esiintyvyys (LUVY, 2005). Erityisesti suolaisuus, eli saliniteetti, ja pH ovat monilla lajeilla kriittisiä, joten suuret muutokset näissä vaikuttavat suorasti vesikasvien esiintyvyyteen (LUVY, 2005).

Elinolojen kaventuessa, saattavat lajit alkaa kilpailla keskenään erintoten valosta ja jäljellä olevasta tilasta (Eloranta, 1992) myös jääeroosiolla ja jäätymisellä on omat roolinsa vesikasvillisuuden muutoksissa (LUVY, 2005).

Arvatenkin myös ihmistoiminnalla on suoria ja epäsuoria vaikutuksia veden laatuun (Piirainen, ym., 2009). Tyypillisin ihmistoiminnasta aiheutuva seuraus järville on rehevöityminen, eli ravinteisuuden lisääntyminen (Davidson, ym., 2018). Tämä ongelma on suuri eri puolilla Suomea, ja vaivasi noin viidesosaa järvien pinta-alasta koko maassa vuonna 2010 (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010). Suoria ihmistoiminnan vaikutuksia vesistöihin voivat olla muun muassa moninainen vesiliikenne, uitot, rantojen laidunnus, ruoppaus, raivaukset, niitot ja maankäytön muutokset valuma-alueella (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004) kuin myös veden säätelyn ja kalastuksen vaikutukset (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010). Epäsuoraa kuormitusta saattavat aiheuttaa yllä mainittu vesiin huuhtoutuvat sitoutumattomat ravinteet maa- ja metsätalouden, jäteveden tai muun toiminnan seurauksena (Sarvilinna & Sammalkorpi, 2010).

Edellä mainituista syistä vesikasveja on käytetty apuna määrittelemään järviä eri tyyppeihin sekä hyödyntämään niitä indikaattoreina järven ekosysteemiin kohdistuvissa muutoksissa (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004). Ravinteisuuden mukaan jaotellaessa järvet voidaan karkeasti jakaa kolmeen ryhmään, jotka puolestaan määräävät pääpiirteittäin millaisia kasveja vesistöstä saattaa kasvaa, nämä ovat eutrofiset eli runsasravinteiset järvet, mesotrofiset eli keskisravinteiset järvet, sekä oligotrofiset eli vähäravinteiset järvet (Karlsson, 2016). Tietyt lajit saattavat suosia muutaman tyyppisiä oloja, kuten oligomesotrofit viihtyen karuissa ja keskisravinteissa järvissä. Osa vesikasveista on myös sopeutuvaisia monenlaisiin oloihin, jolloin nämä ovat indifferenttejä. Voikin ajatella vesikasvien olevan kaksiteräinen miekka sillä vesikasvillisuus vaikuttaa vedenlaatuun ja vedenlaatu vaikuttaa vesikasveihin (Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö, 2023).

2.3 Järvien luokittelu

Järvet ovat osa sisävesiemme luontotyyppisiä ja näihin kuuluvat tärkeänä osana vesi- sekä rantakasvillisuus (Airaksinen & Karttunen, 2001). Sisävesien luontotyyppisiä voidaan luokitella eri tavoin, mutta yksinkertaisin ryhmittely metodi pohjautuu trofiaan eli vesistön tuottavuuteen sekä vesikemiaan muodostaen normaalisti neljään kategoriaan jaetut limnologiset järvityypit (Airaksinen & Karttunen, 2001). Järvien rehevyys kulkee käsikkäin botaanisen kuin jossain määrin myös ekologisen tyypittelyn kanssa. Osa järvistämme on luonnollisesti karumpia ja osa puolestaan rehevämpiä (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004). Vesistöt on jaettu ravinteisuuden perusteella seuraavasti: oligotrofiset (karut), mesotrofiset (keskisravinteiset) sekä eutrofiset (ravinteikkaat) järvet – kasvupaikkojen ravinteisuuden perusteella myös vesikasvit on jaettu vastaaviin luokkiin perustuen preferensseihinsä (Havas, ym., 1981).

Kasvistollinen eli botaaninen järvityypittely on pyritty Suomessa tekemään kokonaisille järville, vaikka osa tutkijoista suhtautuu tähän kriittisesti jakaen järvet mielummin eri lajien kasvutyyppisiin ja näiden yhdistelmiin (Havas, ym., 1981). Suorittaessa järvityypittelyä kasvillisuuden perusteella on kiinnitettävä huomiota luonnollisesti lajistoon, mutta myös ympäristöoloihin (Havas, ym., 1981). Tärkeässä roolissa ovat makrofytytien ulkoasu, vyöhykkeisyys, tiheys sekä yhtenäisyys (Havas, ym., 1981). Botaaniset järvityypit jaetaan Suomessa seuraaviin luokkiin: ulpukkajärvet (*Nuphar*-tyyppi), järvikortejärvet (*Equisetum*-

tyyppi), järvikorte-ruokojärvet (*Equisetum-Phragmites*-tyyppi), järviruokojärvet (*Phragmites*-tyyppi), ruskoärviäjärvet (*Myriophyllum alterniflorum*-tyyppi), nuottaruohojärvet (*Elodeidi*-tyyppi), merivita-näkinpartajärvet (*Potamogeton filiformis-Chara*-tyyppi), sarajärvet (*Carex*-tyyppi), järvitähtijärvet (*Nitella*-tyyppi), järvikaislajärvet (*Scirpus lacustris*-tyyppi), osmankäämi-sarpiojärvet (*Typha-Alisma*-tyyppi), vitajärvet (*Potamogeton*-tyyppi), sahalehtijärvet (*Stratiotes*-tyyppi) ja ulpukka-limaskajärvet (*Nuphar-Lemna*-tyyppi) (Toivonen & Leivo, 2001).

Arvioidessa ekologista tilaa on vertailukohtana aina järven luonnollinen tila, joten kaikkien järvien tavoiteolosuhteet eivät ole keskenään samanlaiset (Suomen ympäristökeskus, 2022) ja tällä luokittelulla tarkastellaan missä määrin ihmistoiminta on muuttanut luonnontilaisuutta (Suomen ympäristökeskus, 2022). Esimerkiksi luonnollisesti rehevistä järivistä ei tavoitella karuja, tai toisinpäin, näin ollen ekologista luokittelua muodostaessa ei voida turvautua vain yhteen asteikkoon (Suomen ympäristökeskus, 2022). Ekologista tilaa tarkastellaan asteikolla erinomainen-hyvä-tyydyttävä-välttävä-huono-luokittelematon (Suomen ympäristökeskus, 2022). Järven pintavesityypin tulee olla tiedossa ennen kuin ekologinen tila on mahdollista määritellä, tähän vaikuttaa muun muassa viipymä, syvyys sekä valuma-alueen maaperä (Suomen ympäristökeskus, 2022). Ekologista luokittelua on tehty Suomessa lähinnä suurille järville ja joille, jonka takia löytyy paljon luokittelemattomia pienvesiä.

Vesien laadullista tilaa arvioidaan samaan kaavan perustuen koko Euroopan Unionin alueella, arvioimalla erikseen niin ekologinen ja kemiallinen tila (Suomen ympäristökeskus, 2022). Ekologista tilaa arvioidessa kiinnitetään huomiota biologisiin laatuindikaattoreihin, kuten päälly- ja plankton leviin, kaloihin ja vesikasveihin – tämän lisäksi huomio kiinnittyy spesifeihin veden laadun muuttujiin, kuin myös hydrologisiin- ja morfologisiin oloihin (Suomen ympäristökeskus, 2022). Näitä ovat muun muassa vedenpinnan tason ja viipymän, esiintyvyyden ja kiertokulun, sekä järven pohjan syvyydenvaihtelut, pohjasedimentin ominaisuudet ja olosuhteet (ELY-keskus, 2021). Suomalaisia järviä on laaja skaala erilaisia tyyppisiä, jonka vuoksi järviä tyypitellään usein niiden koon, ekologian ja humuspitoisuuden perusteella (Piirainen, ym., 2009). Tähän tutkimukseen järviä on päätetty tarkastella ekologiseen- ja botaaniseen tyypittelyyn sekä rehevyyteen perustuen.

2.4 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos ilmentyy vesistöillä monin eri tavoin (Mäkelä, ym., 2022). Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät jo nyt Suomessa ja tulevaisuudessa sen on povattu tuovan monia muuttuvia elementtejä lisää sääoloihin, luontoon kuin ihmisten ja eläinten elämäänsikin (Suomen ympäristökeskus, 2023). Tuoreimpien estimointien mukaan vuosien 2010–2039 aikana ilman keskilämpötilan tulee olemaan 0,9–2,2 °C korkeampi kuin vertausajanjaksolla 1971–2000, myös sadannan on ennustettu nousevan noin 2–9 % (Mäkelä, ym., 2022). Viimeisen noin 50 vuoden aikana ilman keskilämpötila Lammin alueella on kohonnut 0,3-0,4 °C per vuosikymmen (Vuorenmaa, Arvola & Rask, 2011). Varmaksi pitäviä tulevaisuuden ennusteita on mahdotonta antaa, mutta ääriolojen, kuten kuivien kausien, rankka sateiden ja lämpöaaltojen on ennustettu toistuvan yhä useammin ja voimakkaammin monilla alueilla (European Environment Agency, 2020). Rajuja kesätulvia on mahdollista odottaa taajama-alueilla rankkasateiden lisääntymisen myötä (Mäkelä, ym., 2022). Muuttuvilla ilmasto-olosuhteilla on suuri vaikutus vesistöihin ja järvien

läheinen yhteys niin ilmaan kuin maahan, luo läheisen yhteyden näissä tapahtuvien muutosten kanssa (Suomen ympäristökeskus, 2010).

Suhteessa ilmastonmuutokseen erilaisilla muuttujilla on väliä, kuten luontotyyppillä. Koolla on myös merkitystä, sillä vaikutus pieniin vesistöihin on todennäköisemmin suurempi kuin isompiin vastaaviin, sillä lämpötila muutokset vaikuttavat näihin intensiivisemmin (Suomen ympäristökeskus, 2010). Järvet ovat monien lajien näkökulmasta eristyneitä elinympäristöjä, joka aiheuttaa uuden elinympäristön paikantamisen ja tänne asettumisen erityisen hankalaksi (Suomen ympäristökeskus, 2010). Sateisuuden muutoksilla saattaa olla vaikutus yksinkertaisesti vedenmäärään, virtaamiin sekä tulvaherkkyyksiin, mutta sen lisäksi myös veden happipitoisuuteen kuin ravinteiden ja kiintoaineiden huuhtoutumiseen – joten vaikutus on suuri niin hydrologiaan kuin järven eliöyhteisöihin (Suomen ympäristökeskus, 2010). Vuosittaisen valunnan on arvioitu muuttuvan 30 vuoden sisällä -5 ... +12 % janalla (Mäkelä, ym., 2022). Erityisesti järvet, joilla on laaja valuma-alue kärsivät ravinteiden, kiintoainesten sekä haitallisten aineiden valumisesta veteen muuttaen vesikemian usein epäedullisempaan suuntaan voimistaen rehevöitymistä ja näin hapenkulutusta (Suomen ympäristökeskus, 2010). Tyypillisesti muutokset ovat suhteutettuna isommat talviaikana, kuin kesäkuukausina (Tallinen, 2020). Muutokset maankäytössä, kuten soiden ojitus, metsien raivaus ja kaupungistuminen muuttavat paikallista ilmastoa (Vuorenmaa, Arvola & Rask, 2011).

Lämpötilojen noustessa talvet ovat luonnollisesti leudompia, jolloin ravinteiden huuhtoutumisessa järviin kasvaa entisestään, sillä kasvillisuus ei ole sitomassa ravinteita eikä maa ole jäässä (Suomen ympäristökeskus, 2010). Lumena alas tulevan veden määrä vähenee Etelä-Suomessa jopa keskitalvenakin (Tallinen, 2020). Jääkannen muodostus järvelle myöhästyy sekä sulaminen aikaistuu, näiden lisäksi jäänpaksuus ohenee ja osana talvista yhtenäistä jääkantta ei muodostu lainkaan (Tallinen, 2020). Lämpötilan nousu tulee vaikuttamaan kasvukauden pituuteen pitkittäen sitä, ja tällä on puolestaan perustuotantoa lisäävä vaikutus (Suomen ympäristökeskus, 2010). Ravinteita ollessa runsaasti tarjolla, lisää se elinympäristön kasvien kasvua sekä ilmastonmuutoksen odotetaan yleisesti lisäävän Etelä-Suomessa rehevöitymistä (Suomen ympäristökeskus). Pidentynyt kasvukausi yhdistettynä rehevöitymiseen tulee lisäämään vesikasvien kasvua vesistöissä, mutta on myös mahdollista, että pitkälle edennyt kuormitus muuttaa järven vedet sameiksi, jolloin kasvien kasvu heikkenee ja planktonlevät valtaavat järven etenkin pienten virtaamien aikana (Mäkelä, ym., 2022). Vedenlämpötila vaikuttaa myös vesimassan kerrostumisen järvissä, sen happipitoisuuteen sekä lajien esiintyvyyteen, kaikilla lajeilla ollen omat lämpötila preferenssinsä sekä kipurajansa (Suomen ympäristökeskus, 2010) – myös bakteerimäärien on mahdollista nousta (Mäkelä, ym., 2022). Jossain Etelä-Suomen järvissä vaikutus saattaa kuitenkin olla päinvastainen lämpötilakerrostuneisuuden heiketen, jos voimakkaita tuulia sisältävät ääri-ilmiöt tulevat lisääntymään, sillä tuulet saattavat sekoittaa vettä myös kesäkautena (Suomen ympäristökeskus, 2023).

Ilmastonmuutoksen edetessä sen yhteisvaikutuksen muiden järvissä tapahtuvien muutoksien, kuten vesien happamoitumisen, rehevöitymisen, maankäytön muutoksien ja vieraslajien lisääntymisen, kanssa saattaa johtaa etukäteen odottamattomiin ilmiöihin vesistöjen eliöiden kannalta (Suomen ympäristökeskus). On arvioitu, että lukuisien järvien vedenpinta tulee laskemaan loppukesinä, alivirtaamakausten pidentyessä kesäaikoina (Mäkelä, ym., 2022). Ilmastonmuutos saattaa luoda uusia epäsuoria vaikutuksia sisävesiin, esimerkiksi havupuuvaltaisen alueen muuttuessa lehtipuuvaltaiseksi ja näin muuttaen esimerkiksi nilviäskantoja järvissä (Suomen ympäristökeskus). Ilmastomuutos saattaa myös

lisätä ihmistoiminnan vaikutuksen vaikutuksia, sillä ennustetut vaikutukset voivat mahdollisesti kasvattaa maatalouden kuormitusta vesistöihin ja seurannaisvaikutuksena vaikuttaa monimuotoisuuden köyhtymiseen (Mäkelä, ym., 2022).

2.5 Biodiversiteetti ja paikallinen lajikato

Biodiversiteetti voidaan luokitella kolmeen eri tasoon: geneettiseen monimuotoisuuteen, lajimonimuotoisuuteen ja ekosysteemien monimuotoisuuteen (Hyypölä, Saarela & Järvinen) – tässä tutkimuksessa keskitytään lajimonimuotoisuuteen eli lajien runsauteen ekosysteemissä. Monissa tutkimuksissa toistuu vesikasvilajimäärän nousu järven koon kasvaessa, joka perustuu suurten järvien laajempaan litoraalivyöhykkeeseen (Kentala, 2013). Luonnossa lajimäärät eri järvityypeissä vaihtelevat, monissa tapauksissa lajimäärä on isolukuisin kohtalaisen humuspitoisissa suurissa järvissä sekä sellaisissa järvissä, jotka ovat luontaisesti runsasravinteisia – myös järven koon kasvaessa (Leka, Toivonen, Leikola & Hellsten, 2008). Järvissä, jotka ovat kohtalaisen humuspitoisia ja keskirasvanteisia on kokonaislajimäärä usein suurempi verraten samankaltaisiin järviin vähä- sekä runsashumuksisilla statuksilla (Leka, Toivonen, Leikola & Hellsten, 2008). Tämä peilautuu myös ravinnepuolelle keskirasvanteisten järvien biodiversiteetin ollen lajirikkain suhteessa karuihin ja reheviin verrokkeihinsa (CaBA, 2018).

Vesistöjen tarjoamat ekosysteemipalvelut ovat riippuvaisia luonnon moninaisuudentilasta (Suomen ympäristökeskus, 2010) ja on ensiarvoisen tärkeää säilyttää mahdollisimman kattava monimuotoisuus (Ahlroth, 2015). Vesikasvillisuus sitoo itseensä ravinteita ja jos näitä ei olisi lainkaan tai ainoastaan vähäinen määrä, lisääntyisivät puolestaan haitalliset ja harmittomat levästöt aiheuttaen omat ongelmansa (Laita, ym., 2007). Jos kasvillisuus katoaisi, ei tarjolla olisi enää myöskään ruokailu- tai suojapaikkoja muun muassa kaloille tai äyriäisille (Niinimäki & Penttinen, 2014). Vesikasvien läsnäololla onkin suuri vaikutus niiden tarjoaman ekosysteemin lajistoon toimimalla monissa tärkeissä rooleissa järvillä, kuten perustuotannon tarjoamiseen sekä elinympäristön luomiseen (Piirainen, ym., 2009).

Yleisesti Etelä-Suomen sisävesien luonnonmonimuotoisuus on huonolla tolalla 68 % luontotyypeistä ollen uhanalaisia (Suomen ympäristökeskus, 2010). Järvien tilanne verrattuna virtavesiin on parempi, mutta pohjavesien liettymisen sekä rehevöitymisen takia valtaosa luontotyypeistä ovat silmälläpidettäviä (Suomen ympäristökeskus, 2010). Muita yleisiä syitä luonnon monimuotoisuuden kutistumiseen ovat muun muassa vesi- ja rantarakentaminen, vesistöjen perkaukset, turpeennosto, lannoitus sekä ojitus (Suomen ympäristökeskus, 2010). Ne lajit, jotka kykenevät leviämään mallikkaasti ilman suurempia ongelmia ovat parhaiten säilyviä (Suomen ympäristökeskus, 2010). Pelkona on, että suuret ilmaversoiset kasvit, jotka kykenevät hyödyntämään ilmassa tapahtuvaa hiilidioksidin nousua syrjäyttävät vaateliaampia lajeja pois tieltään (Suomen ympäristökeskus, 2010) lopulta yksipuolistaen lajistoa. On myös syytä olla huolissaan kasviplanktonin määrän noususta, sillä nämä voivat niin yleistyä kuin aikaistua (Suomen ympäristökeskus, 2010). Sinilevillä on korkeampi lämpötilaoptimi kuin muilla lajeilla sekä kykenevät sitomaan itseensä typpeä, jolloin ne eivät ole yhtä ravinnepuolella riippuvaisia kuin monet toiset lajiryhmät, joten näiden otaksutaan hyötyvän lämpenemisestä (Suomen ympäristökeskus, 2010).

Lämpötilan nousu aiheuttaa muitakin ongelmia lajiston muutoksissa kuin valta-asemien oikaisuja. Kasviplanktonin ottaessa vallan voimakkaan rehevöitymisen seurauksena,

syрjäyttää se mahdollisesti muun tyyppisen kasvillisuuden, sillä rehevöitymisellä on tyyppillisesti lajirunsauteen negatiivinen vaikutus; esimerkiksi uposkasvillisuus tukehtuu lopulta kelluskasvillisuuden tukkiessa näiltä yhteyden auringon valoon (Havas, ym., 1981). Eliöyhteisöjen koostumukseen vaikuttavat korkeamman tuottavuuden lisääntyttä orgaanisen aineksen määrä pohjalla, elävien olioiden määrä ja näiden lisääntynyt hapenkulutus (Suomen ympäristökeskus, 2010). On ennustettu kylmää kestävien lajien vähenevän, ja viileää sekä lämmintä sietävien lajien puolestaan runsastuvan ja leviävän (Suomen ympäristökeskus, 2010). Lämpötilan nousu voi mahdollisesti tuoda mukanaan loisia sekä tauteja (Laine, Vanhanen, Halonen & Sjöblom, 2018). Hiilidioksidipitoisuuden kohoaminen sekä valunnan mukana veteen päätyvä tyyppi happamoittavat järviä, jolla on puolestaan suunnaton negatiivinen vaikutus kalkkikuorellisiin selkärangattomiin ja sen myötä ravintoverkkoon järvessä (Suomen ympäristökeskus, 2010).

2.6 Vieraslajit

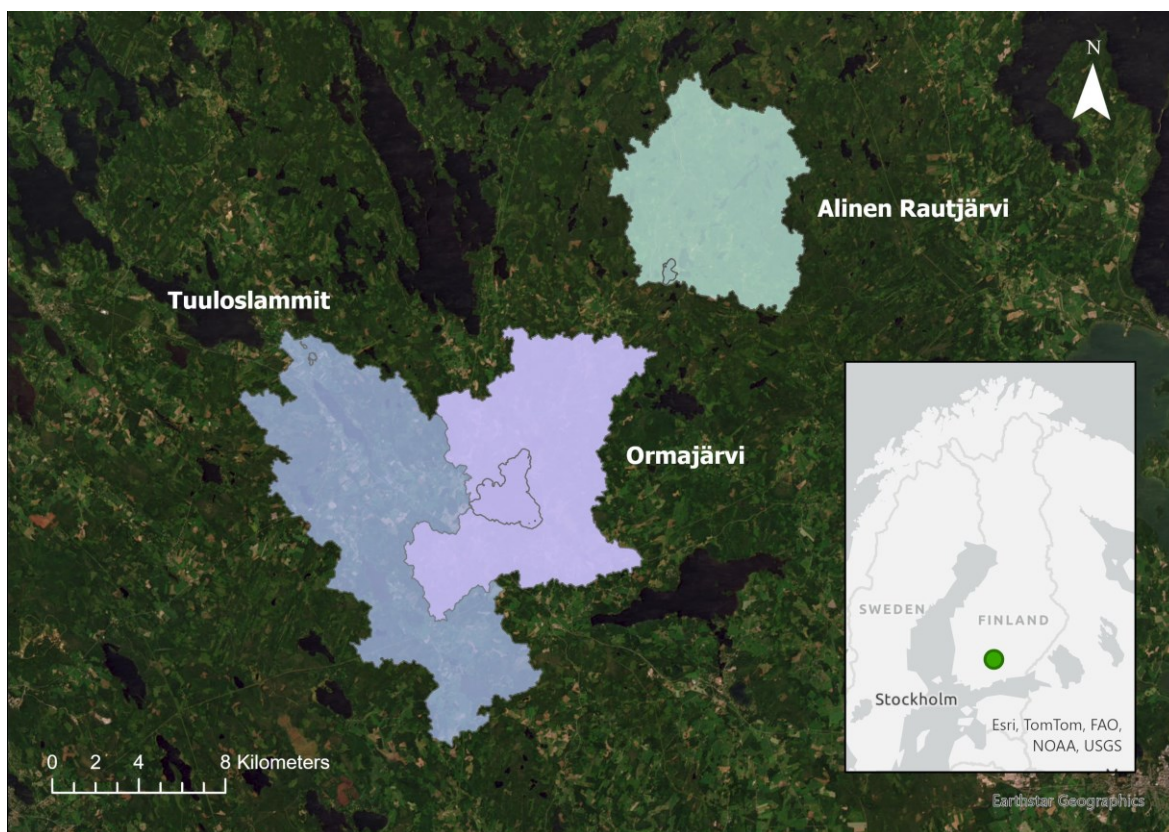
Vieraslajiksi luokitellaan kasvi, eläin tai muunlainen eliölaji, joka on siirtynyt luontaisen levinneisyysalueensa ulkopuolelle ylittäen luontaiset leviämiseesteet, ihmisen joko tarkoituksen mukaisesti tai tahattomasti siirtämänä (Vieraslajit.fi). Haitalliseksi vieraslajiksi kutsutaan eliötä, jonka uskotaan uhkaavan luonnon monimuotoisuutta tai sen ympärillä olevia ekosysteemipalveluja (Vieraslajit.fi). Uuden eliölajin on kuitenkin mahdollista kulkeutua itse uusille maille tai vesille, jolloin sitä kutsutaan tulokaslajiksi (Vieraslajit.fi). Ilmastonmuutoksen edetessä on ennustettu vieraslajien määrän kasvavan sisävesissä nykyisestäään (Suomen ympäristökeskus, 2010) ja todennäköisyydet näiden haitallisuudesta joko ihmiselle, luonnolle tai molemmille kasvavat (Lehtiniemi, Nummi & Leppäkoski, 2016).

Ongelmana vieraslajien kanssa on alkuperäislajien syrjäytys tai totaali nujertaminen, jos nämä menestyvät hyvin uusilla asuinseuduillaan (WWF). Osa vieraslajeista, kuten isosorsimo (*Glyceria maxima*) ei omaa luontaisia vihollisia ja on erittäin aggressiivinen leviämään uusilla alueilla, aiheuttaen lisää haasteita (Vanajavesikeskus, 2023). Uhkana on myös luonnon samankaltaistuminen (WWF). Vieraslajien leviämisen ennustaminen on hankalaa ja siihen vaikuttavat sattuman sekä vallankin lisäksi konkreettiset tekijät, kuten leviämiseesteet, ekologiset esteet sekä ajalliset esteet (Lehtiniemi, Nummi & Leppäkoski, 2016).

Tutkimusalueella erilaisten vesikasvien lisäksi on vaikuttanut Pohjois-Amerikasta kotoisin saapunut vieraslaji piisami (*Ondatra zibethicus*). Piisami on vakiintunut Suomeen, mutta kuuluu EU:ssa haitalliseksi säädettyihin vieraslajeihin (Nummi, 2017). Suomessa piisameista ei ole koitunut samanlaista haittaa, kuin monissa muissa maissa, mutta runsaslukuisimpina vuosikymmeninä nämä vähensivät järvien kasvillisuutta pitkäksi aikaa (Nummi, 2017). Erityisesti järvikorte sekä -kaisla maistuvat piisamille (Nummi, 2017). Piisameista on kuitenkin ollut monimuotoisuuden kannalta ollut hyötyäkin, rehevämmillä järvillä piisamien syömät aukot loivat otollisen tilaisuuden kellus- ja uposkasveille (Nummi, 2017). Vuoden 1997 kasvillisuuskartoituksissa Tuuloslammilta havaittiin pesäkekoja (Mäkelä & Huitu, 2001), kuitenkin seuraavalla kartoitus kerralla vuonna 2017 näistä ei kuitenkaan mainita havaintoja.

2.7 Tutkimuksen järvet

Vesikasvilajien lukumäärä Suomessa vähenee matkatessa etelästä pohjoiseen, jonka vuoksi tähän tutkimukseen valittiin kolme toisistaan erilaista järveä kohtuullisen lyhyellä, alle 10 km, säteellä toisistaan kuten kuvaajasta 1. voidaan havaita. Näin voitiin varmistaa kaikilla järvillä vallitsevan samanlaiset ilmasto-olosuhteet ja lehmusvyöhykkeellisyys (LUVY, 2005), joten näiden puolesta poikkeuksia ei tarvitse tuloksissa spekuloida. Taulukkoon 1. on kerätty kaikkien järvien keskeisimmät arvot, jotta lukijan on helpompaa muodostaa näistä kokonaiskuva. Kaikki valitut järvet ovat sijoittuneet nykyiseen Hämeenlinnaan, entisiin Lammin ja Tuulosen kuntiin. Toinen yhdistävä tekijä kaikilla järvillä on niiden pitkäaikainen kasvillisuuskartoittaminen, vanhin ulottuen jopa 1800-luvun puolelle ja uusimpien ollen tarkastettuna viimeisen vuosikymmenen molemmin puolin, vuosien 2017 ja 2023 välillä. Kaikki järvet kuuluvat Kokemäenjoen päävesistöalueeseen, paikallisemmin Ekojärven valuma-alueeseen ja ovat sijoittuneet samalle laskureitille, joka kulkee Hauhonselän kautta Itämerelle.



Kuvaaja 1. Tutkimuksen järvet sekä niiden valuma-alueet kartalla.

Taulukko 1. Tutkimuksen järvien keskeisimmät arvot.

	Alinen Rautjärvi	Ormajärvi	Tuuloslammet*
Pinta-ala	49 ha	653 ha	15 ha
Kokonaissyvyys keskiarvo	8,64 m	29 m	0,7 m

Rantaviivan pituus	3,82 km	15,68 km	3,71 km
Valuma-alueen pinta-ala	6 659 ha	8 638 ha	19 159 ha
Järjestysnumeroketjussa	10.	3.	5. (Ylinen) & 6. (Alinen)
Näkösyvyys keskiarvo	1,26 m	3,6 m	-
Kokonaisfosfori keskiarvo	18 µg/l	16 µg/l	38 µg/l
Väriluku keskiarvo	138 mg/l Pt	25 mg/l Pt	50 mg/l Pt

*perustuu ainoastaan yhteen vedenlaadun mittaukseen Ylinen Tuuloslammelta

2.7.1 Alinen Rautjärvi

Alinen Rautjärvi sijaitsee Evon luonnonsuojelualueella, reilun 15 km etäisyydellä Tuulosen taajamasta. Alinen Rautjärvi, kuten sen välittömässä yhteydessä olevat viereiset järvet Keskinen- ja Ylinen Rautjärvi sijaitsevat Evon Natura 2000 –alueella. Tästä johtuen järviä suojaavat useat lait, kuten vesilaki sekä luonnonsuojelulaki. Evon alueella liikkuu paljon luontomatkailijoita sekä järven välittömässä läheisyydessä sijaitsee Hämeen ammattikorkeakoulun Evon kampus. Tästä huolimatta Alinen Rautjärvi edustaa tutkimuksessamme luonnontutkimuksellisesti ja ekologisesti arvokkaampaa ja vähemmän häiritsemättömää järveä.

Järvi on noin yhdeksän metriä syvä ja pinta-alaa sillä on 48,8 hehtaaria (Suomen ympäristökeskus). Alinen Rautjärvellä on yksi saari, Kukkosaaari. Alinen Rautjärveltä löytyy myös hämäläisittäin yllättävä elementti ja erikoisuus, luonnollinen hiekkaranta. Yleisesti järven ranta on suhteellisen loiva ympäri järven ja pohjan laatu rannalla on pitkälti hiekkaa, soraa ja hiesua, sillä järveä ympäröivät hiekka- ja soramuodostumat (Pajunen, 2004). Avovesialueella pohja koostuu pääasiassa liejasta (Pajunen, 2004). Alinen Rautjärven ekologista tilaa ei ole virallisesti arvioitu, mutta tästä alas laskevan joen tila on arvioitu hyväksi, joka voi antaa osviittaa sen tilasta (SYKE, ELY, 2023). Botaanisen luokittelun mukaan Alinen Rautjärvi on *Lobelia*-tyyppi eli nuottaruohojärvi, joka tarkoittaa vesikasvillisuuden kannalta seuraavaa: 1) ilmaversoinenkasvillisuus on harvaa, 2) tietyt uposlehtiset lajit saattavat olla varsin runsaita, 3) parhaiten kehittynyt elonmuoto ovat pohjalehtiset ja nuottaruohoa tavataan laajasti kohtuullisen syvälläkin vedessä, ja 4) vesisammalien osuus vaihtelee (Havas, ym., 1981). Ravinteisuudeltaan järvi on keskiravinteinen, vaikkakin tosin lähellä vähäravinteista.

2.7.2 Ormajärvi

Ormajärvi on runsasravinteinen ja pohjavesivaikutteinen järvi (Lammi, ym., 2018), joka on sijoittunut taajama-alueelle Lammin kylän läheisyyteen. Ympäristö on maaseutumaista ja rannat ovat metsäisiä, vaikka laajoja peltoaukeitaakin 15,7 kilometrin rantaviivalta löytyy (Lammi & Vauhkonen, 2018). Maaperä järven ympärillä muodostuu Geologian tutkimuskeskuksen mukaan sora- ja hiekkamoreenista, turvekerrostumista, harjusta, kumpumoreenista sekä kerrallisesta savi- ja silttikerrostumista (Geologian tutkimuslaitos, 2023). Ormajärvi on selkeästi tutkimuksen suurin järvi hulpealla 653 ha pinta-alallaan ja

29 metrin syvyydellään (Järvi-Meri Wiki, 2014). Poikkeaa tämä muutenkin muista tutkituista järivistä sen harjun välittömällä läheisyydellä sekä lähdevaikutteisuudellaan saaden täydennyksensä pohjavedestä eli Ormajärvi luokitellaan harjulievejärveksi (Järvi-Meri Wiki, 2014). Järvi kuuluu Natura 2000 –verkostoon, jolla pyritään suojelemaan ja säilyttämään järvi ekosysteemin monimuotoisuutta (Metsähallitus) nauttien lainsäädöllisestä lisäsuojasta (Ympäristöministeriö).

Ormajärvi on melko syvä järvi, ja erityisesti harjun tienoilla itärannalla vesikasvillisuutta rajoittaa rajusti syvenevä litoraalivyöhyke (Lammi & Vauhkonen, 2018). Järven itäranta ulottuu harjuun, jonka vuoksi tämän puolen rantakaistale on äkkisyvä, länsipuolen puolestaan ollessa loivempi. Järven pohjanlaatu on hiekkaa ja soraa (Lammi & Vauhkonen, 2018). Ormajärvi on luokiteltu ekologisen tilansa puolesta hyväksi (SYKE, ELY, 2023). Ormajärven vesikasvillisuutta on kuvailtu erikoiseksi (Järvi-meriwiki, 2014), mutta botaanisen luokittelun mukaan se on *Phragmites*-tyyppiä eli ruokotyyppiä. Tämä tyyppi luokitellutavan harhaanjohtavin, sillä laajojen reittivesien ynnääminen yhteen on hieman keinotekoisia, eikä tunnuslajista johdettu nimikään kuvasta koko totuutta (Havas, ym., 1981). Kuitenkin, ruokotyyppiä kuvaillaan yleisesti seuraavasti : 1) ovat yleensä selkävesiä, 2) usein kirkkaampia kuin yläjuoksulla sijaitsevat vedet, 3) virtaus hitaahkoa ja luonnon laskeutusaltaat ovat vastaanottaneet huomattavan osan irtoavasta humuksesta, 4) ravinteita tarjolla kohtuullisesti, 5) happamuus vaihtelee, 6) metsämoreenia rannoilla ja harjujen tai kallioiden täyttävä maisema, 7) tärkein ilmaversoinen kasvi on järviruoko, joka kasvaa laaja-alaisesti kavereinaan järvikaisla, korte sekä mineraalirannoilla viihtyvä rantaluikka, 8) ilmaversoiset ruohot useimmiten niukkoina kasvustoina, 9) kelluslehtisten joukko on monipuolinen ja uposkasvillisuus viihtyy näillä vesillä myös, 10) pohjalehtiskasvustot ovat suuria, ja 11) vesisammalten määrä vaihtelee (Havas, ym., 1981).

2.7.3 Tuuloslammet

Tuuloslammet eli tarkemmin Ylinen Tuuloslampi ja Alinen Tuuloslampi yhdistyvät toisiinsa lyhyellä Kylänjoen jokiosuudella, jolla on mittaa noin 400 metriä. Lammet ovat hyvin matalia ainoastaan alle metrin syvyyksiä, sekä pinta-alaltaan pieniä yhteensä noin 15 hehtaarin kokoinen kokonaisuus Hämeenlinnan Tuuloksessa. Kokonsa vuoksi järvet on tutkimuksessa niputettu yhteen. Tuuloslammet ovat verrattavissa kosteikkoon ja nämä pikkujärvet ovatkin lintuvesien aatelia (Jutila, 2009). Varsinaista rantaviivaa on järviltä olemuksensa vuoksi vaikea erottaa. Järviä ympäröivä alue muodostuu savi- ja silttikerrostumista, sora- ja hiekkakerrostumista sekä kallioperän paljastumista (Geologian tutkimuslaitos, 2023). Pohjan laatu Tuuloslammeilla on lähinnä hiesu-, hieta- ja savimaata. Tuuloslammit ovat kooltaan niin pieniä, ettei niille ole suoritettu ekologisen tilan arviointia. Osviittaa näiden tilasta voi kuitenkin antaa tilaltaan hyvä Suolijärvi, joka laskee ensin Ylinen Tuuloslammiin ja sieltä Alinen Tuuloslammiin. Kuitenkin Tuuloslammeilta alas laskeva Sairialanjoki, näiden välillä virtaava Kylänjoki sekä Tuuloslammien jälkeen reitillä sijaitseva latvajärvi Lehee on arvioitu tilaltaan ainoastaan tyydyttäväksi (SYKE, ELY, 2023). Oletuksena on Tuuloslampien tilan olevan jotain hyvän ja tyydyttävän väliltä, ainakin viimeisten arviointien aikaan.

Botaanisen luokittelun mukaan Tuuloslammet ovat *Typha Alisma* -tyyppiä eli osmankäämi-sarpiotyyppiä, joka tarkoittaa: 1) ympäristön olevan useimmiten viljavaa peltomaata ja/tai lehtomaista metsää, 2) rantaa karttaa lehtipuuvaltainen kapea rantametsäkaistale, 3) savinen maaperä tuo ravinteita veteen, mutta myös samentaa vettä, 4) humusta valuu

veteen kohtuullisesti, 5) rantakasvillisuus on lajiston puolesta rikasta ja vaateliaita lajeja tavataan myös, 5) pohjalehtiset paistavat yleensä poissaolollaan ja uposkasvistot eivät yleensä ole laaja-alaisia, 6) suojaissa sopukoista saattaa löytää reilusti irtokellujia, 7) ravinnesyöttö on runsasta, joten rehevöityminen yleistä, ja 8) ”vedenkukka” lisää veden sameutta vaikeuttaen uposkasvien elämää, jos nämä katoavat järvityyppi on ylirehevä ja muuttuu limaska-ulpukkajärveksi (*Lemna-Nuphar*-tyyppi) (Havas, ym., 1981). Ravinteisuustyyppiä järviltä on puolestaan vaikeampi sanoa täysin varmaksi, sillä virallisia vesinäytteitä on otettu Hertan tiedostojen mukaan ainoastaan kerran koko historiassa vuonna 2011 (SYKE, 2011). Voidaan kuitenkin olettaa Tuuloslammiin olevan mitä todennäköisemmin runsasravinteinen – pienellä varauksella kuitenkin keskirasviteinen, mutta varmuudella johtopäätöksiä on vaikea vetää kehnon aineiston vuoksi.

3 Materiaali ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa on käytetty laajempaa yleisimmin ymmärrettyä vesikasvilajikäsitettä kattaen 112 vesikasvilajia, joista 83 ovat hydrofyttisiä ja 29 helofyyttejä (LUVY, 2005) – tarkoittaen, että tutkimukseen on sisällytetty varsinaisten vesikasvien eli hydrofyttien lisäksi myös muita kasvilajeja, kuten ilmaversoisia eli helofyyttejä. Muut kuin aidot vesikasvit ovat sellaisia lajeja, jotka kasvavat vallitsevasti vedessä tai ne tavataan usein kasvavan vedessä ja ne ovat sopeutuneet tällaiseen kasvupaikkaan (Eloranta, 1992). Näin ollen kapeammassa merkityksessä osa tutkimukseen käytetyissä kasveista määritellään ranta- ja suokasveiksi. Valinta laajemmasta määritelmästä tehtiin, sillä kokonaan veden alla tai pinnalla kasvavat kasvit eivät kertoisi koko totuutta järviympäristöstä ja sen muutoksista. Historiallisessa datassa on vesikasvilajikäsite saattanut olla hieman poikkeava nykyisestä, mutta tutkimuksessa on rajattu vesikasvit selkeytyksen vuoksi aiemmin mainittuun 112 vesikasvilajiin.

Historiallista dataa tutkiessa on hyödynnetty kirjallisia vesikasvillisuusselvityksiä, aikanaan luotuja lajilistauksia sekä näiden pohjalta mallinnettuja karttoja. Kasvillisuuskartoitusten tulokset ovat mahdollistaneet Vanajavesikeskuksen lähteet vanhimman aineiston ollen vuodelta 1899 ja tuorein puolestaan vuodelta 2023, muun datan sijoittuen johonkin kyseisen aikaikkunan väliin. Kaikkien järvien kasvillisuus on kuitenkin kartoitettu vähintään 1990–2000-luvun taitteessa sekä 2020-luvun molemmin puolin, joten yhtymäpintoja aikajanelta löytyy. Kasvillisuuskartoitusten metodi on vuosisadasta riippumatta pysynyt samana. Historiallinen data on kerätty suorittamalla kasvillisuuskartoitukset suoraan järvillä soutaen tai meloen. Järviä on myös satunnaisesti otollisten paikkojen kohdalla tähystelty vesikiikareilla sekä pohjaa haravoitu. Kartoittajat ovat sitten piirtäneet eri lajiston ja niiden arvioidun volyymin suoraan paperikartalle. Uudemmissa aineistossa hyödynnettävät kasvillisuuskartoitukset on myös suoritettu paikan päällä konkreettisesti järviltä. Kartoitukset on toteutettu samaan tapaan kesäisin jokaisena vuonna, jolloin kartoituksia on suoritettu, joko soutaen tai meloen ympäri järven merkatien ylös havaittu kasvillisuus suoraan tussilla laminoidulle maastokartalle. Apuna on voitu käyttää myös secchi-levyä, haravaa, syvyysmittaria sekä vesikiikareita. Uusimpien kartoitusten lomassa on otettu myös tarpeellinen määrä GPS-pisteitä, jotta kasvillisuusmerkintöjen koordinaattien paikkansa pitävyys sekä kasvillisuuden laajuus voidaan varmistaa. Aineisto on sittemmin digitoitu hyödyntäen paikkatieto-ohjelmia *MapInfoa*, *QGISiä* sekä *ArcGISiä*. Ennen vuotta 2017 paikkatietomuotoinen aineistoiston käsittely ei ollut yhtenevää, vaan materiaalia oli tallennettu erilaisiin koordinaatiosysteemeihin, sekä kasvillisuusalueiden

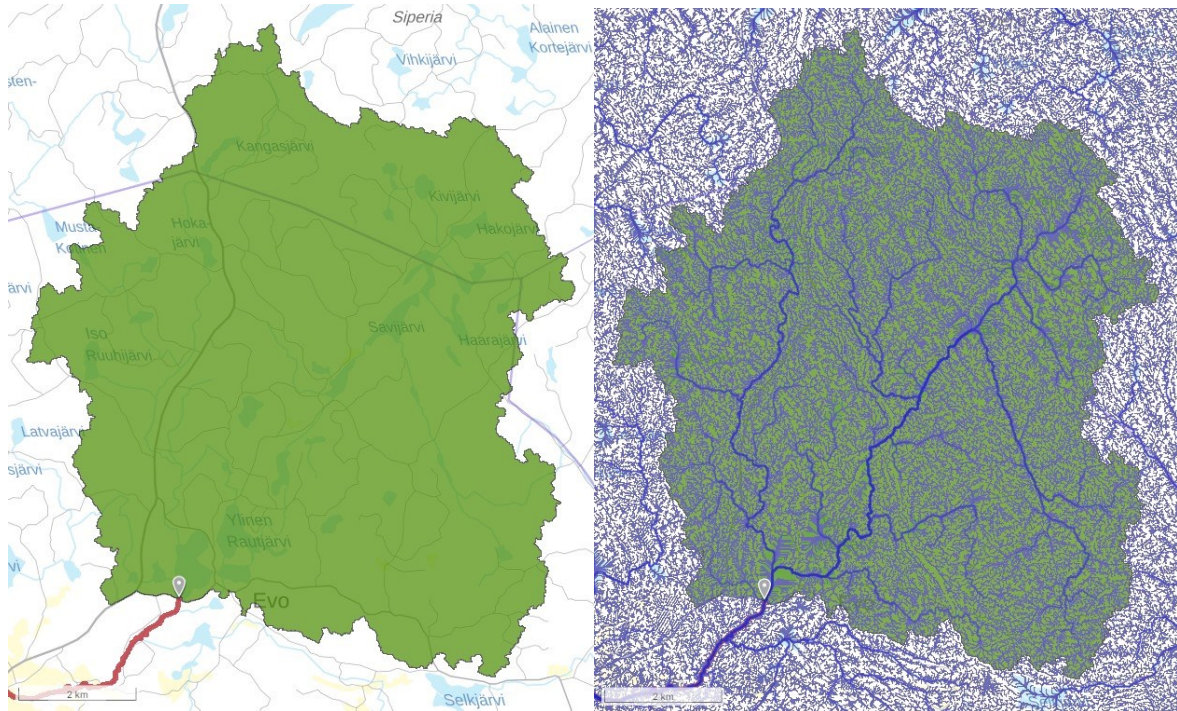
muodot oli tallennettu erilaisissa muodoissa osan ollen viivoja, osan polygoneja ja toisten pistetiedostoja.

Tutkimuksessa kokeiltiin tarkastella ilmakuviin avulla tehtyjä pinta-ala muutoksia vesikasvillisuudessa, sillä näiden avulla voidaan mainiosti mitata vesikasvillisuuden pinta-alan muutoksia (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004). Ilmakuviin käyttäessä vesikasvillisuuden pinta-alan analysointiin on kuitenkin huomioitava kuvausajankohta sekä näiden laatu – kuvien tulisi olla kuvattuna kesä-heinäkuussa, jotta näitä voidaan hyödyntää vesikasvillisuuden pinta-alan laskentaan (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004). Ilmakuviin on perinteisesti suoritettu keväällä, sillä niitä on käytetty maastokarttojen tekoon. Tällöin lehtipuissa ei ole vielä lehtiä eikä vesikasvillisuus ole ehtinyt kukoistukseensa. Ilmakuviin ei saisi muun muassa olla liikaa (pohja)heijastusta eikä kuvit saa olla hämyisiä tai muuten epätarkkoja (Vallinkoski, Kanninen, Leka & Ilvonen, 2004).

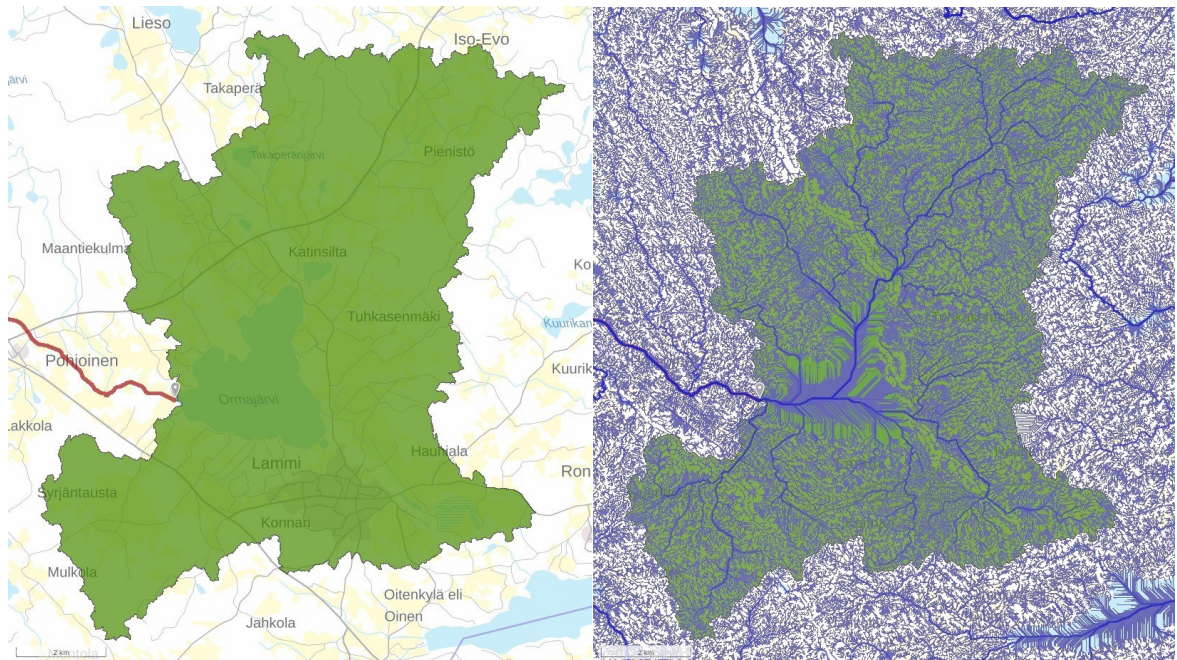
Kirjoittajan toiveena oli käyttää Pohjois-Savon ELY-keskuksen (Kanninen, 2019) ILMIVERSO-projektissa luomaa metodia vedenpinnan yläpuolisen kasvillisuusvyöhykkeiden tarkasteluun. Tähän tarvittava Maanmittauslaitoksen ortokuva -aineistoa ei kuitenkaan ollut ilmaiseksi hyödynnettävissä, joten samaa yritettiin Paikkatietoikkunasta löytyvällä ilmaisella aineistolla. Historiallista ilmakuviin-aineistoa kaikilta järvilta on saatu suhteellisen laajasti. Ilmakuviin Alinen Rautjärveltä on napattu yhteensä kymmenenä eri vuotena: (25.8.)1949, (1.6.)1979, (31.5.)1995, (3.9.)1998, (19.6.)1999, (27.4. ja 30.7.)2008, (7.5.)2012, (29.5.)2018, (18.6.)2019 ja (25.5.)2022 (Paikkatietoikkuna, 2023). Tutkimuksessa tarkasteltiin lähemmin vuosien 1999 sekä 2022 ilmakuviin, sillä nämä ovat otettu ideaalina ajankohtana alkukesästä sekä ovat kuvattu lähivuosina kasvillisuuskarttoituksista. Ormajärvellä ilmakuviin on puolestaan kuvattu yhdeksänä vuotena: 1979, (31.5.)1995, (19.6. & 2.8.)1999, (14.4.)2007, (27.4. & 30.7.)2008, (7.5.)2012, (29.5.)2018, (7.6.)2019 ja (25.5.) 2022 (Paikkatietoikkuna, 2023) – tutkimuksessa tarkasteltiin lähemmin vuosien 1999 sekä 2018 ilmakuviin, sillä nämä ovat otettu ideaalina ajankohtana alkukesästä sekä ovat kuvattu lähivuosina kasvillisuuskarttoituksista. Julkisesti löytyviä ilmakuviin-karttoituksista Tuuloslammilta on kuvattu seuraavina ajankohtina: (9.7.)1952, 1979, (25. & 31.5.)1995, (3.9.)1998, (19.6.)1999, (27.4. & 30.7.)2008, (7.5.)2012, (29.5.)2018, (18.6.)2019 ja 2023 (Paikkatietoikkuna, 2023 & Maanmittauslaitos, 2023) ja tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vuosien 1999 ja 2019 ilmakuviin. Valitettavasti on todettava, ettei historiallisten ilmakuviin laatu täyttänyt analyysiin tarvittavia laatuvaatimuksia, jotta pinnan yläpuolisen kasvillisuuden pinta-alan laskeminen näistä olisi ollut mahdollista. Teknisien syitten takia ilmakuviin tarkastelu tutkimuksessa yhtenä metodina jouduttiin tiputtamaan pois, vaikka moni ilmakuviin kuvausajankohdista olisi ollut sopivia.

Valuma-alueiden kehityksellä on tärkeä rooli järvien hyvän tilan näkökulmasta, joten tutkimuksessa syvennyttiin sen rakenteeseen ja muutoksiin peilaten sitä veden laatuun. Valuma-alue tutkimuksessa on hyödynnetty sen rajaukseen SCALGO Live -ohjelmistoa, perustaen laskennat Flow Accumulation -työkaluun. Tämä työkalu laskee kertyneen virtauksen kaikkien tulorasterin kuhunkin alaspäin suuntautuvaan soluun virtaavien solujen painona, joten sillä saadaan näkyviin vesien laskusuunnat ja valitsemalla kartasta järven laskujoen alkupiste on mahdollista nähdä valuma-alueen laajuus ja sen muut tiedot. Ohjelma antaa käyttäjälleen tiedon valuma-alueen koosta, maanpeitteestä, maankäytöstä sekä maaperästä, ja näitä on hyödynnetty tässä tutkimuksessa järvalueiden ymmärtämiseen. Lasketut valuma-alueiden rajat ja niiden virtausverkot voidaan nähdä kuvaajista 2., 3. ja 4., kuten myös järvien virtauksien laskusuunnat. Tuloksena saadut

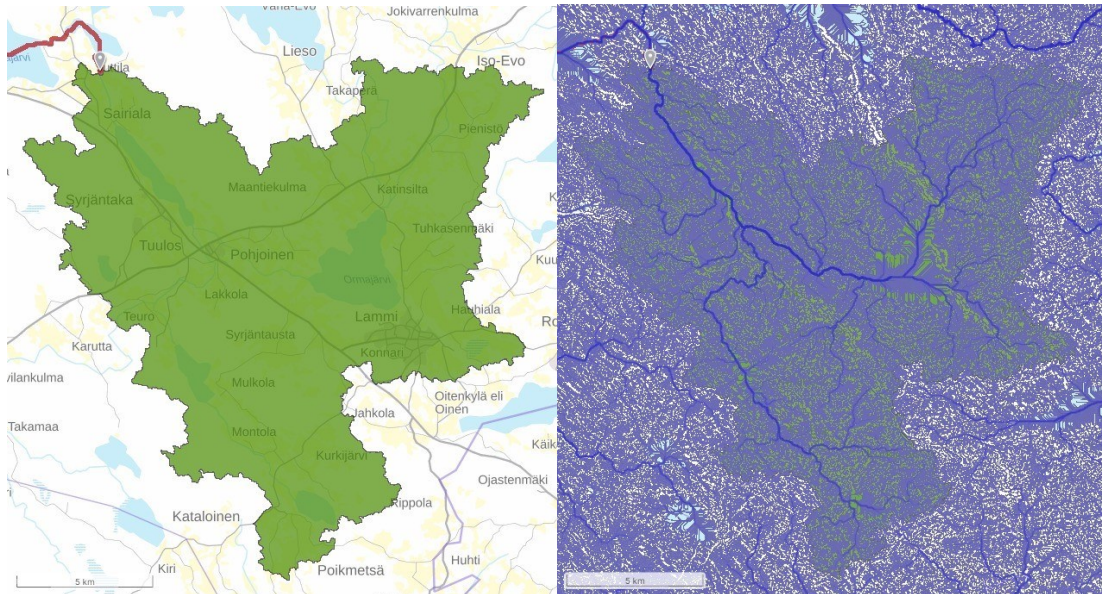
valuma-alueiden rajat tuotiin ArcGIS-ohjelmaan, jossa Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) tarjoamat avoimet Corine maanpeite -tietoaaineistot rajattiin valuma-alueiden muotoon omille koordinaateilleen. Näitä tiedostoja on mitattu vuosina 2000, 2006, 2012 ja 2018, joten ainoastaan 2000-luvun maankäytön muutokset on käsitelty tutkimuksessa, ja tätä edeltävät vuodet jäävät pois tarkastelusta.



Kuvaaja 2. Alinen Rautjärven valuma-alueen laajuus ja virtausverkko.



Kuvaaja 3. Ormajärven valuma-alueen laajuus ja virtausverkko.



Kuvaaja 4. Tuuloslammien valuma-alueen laajuus ja virtausverkko.

Syken Corine-rasteriaineistoilla seurataan koko Suomen maankäyttöä, maapeitettä sekä näiden muutoksia. Aineisto julkaistaan kuuden vuoden välein. Aineisto pohjautuu kaukokartoituksella tuotettuun tietoon sekä rekisteri- tai paikkatietoaineistoihin. Tämän paikkatietoaineiston pohjalta tutkimuksessa pystyttiin luokitella järvien valuma-alueiden maankäyttö sekä sen muutokset aika välillä 2000–2018. Tutkimuksessa päätettiin käyttää tarkempaa 20 m resoluutiolla olevaa rasteriaineistoa sekä tasoa 3, jolloin taattiin suhteellisen tarkka määrittely eri alueiden välillä menemättä kuitenkaan turhan yksityiskohtaisiin muutoksiin. Näin valuma-alueilta rajatun kartan perusteella pystyttiin myös laskea eri luokkien osuuksia sekä niiden muutoksia vuosien kuluessa, kuten voidaan nähdä taulukoista 29., 30. ja 31, jotka löytyvät liitteinä. Kaikista järvistä laskettiin myös tarkat hehtaarimääräiset osuudet kaikille niiden valuma-alueilta löytyneille luokille ja niistä visualisoitiin kuvaajat hahmottamaan eri luokkien suhteita ja muutoksia.

Paikkatieto-ohjelmia (ArcGIS Pro, QGIS & MapInfo) hyödynnettiin myös kasvillisuuskartoituksen visualisointiin. Suurin osa opinnäytetyöstä on työstetty ArcGIS Prolla, sillä tämä oli kirjoittajalle kaikista tutuin ohjelma, mutta tämän lisäksi QGISiä ja MapInfoa hyödynnettiin, sillä näillä ohjelmilla saattoi lukea muun muassa .tab-tiedostoja, joita ei automaattisesti ArcGIS Prolla pystynyt prosessoida. Osaa Vanajavesikeskuksen tarjoamista tiedostoista jouduttiin hieman työstämään lisää yllä mainituilla ohjelmilla, sillä osa näistä oli eri koordinaattimuodoissa tai niistä puuttuivat koordinaatit kokonaan – kahta karttatasoa jouduttiin manuaalisesti siirtämään, sillä oikeiden koordinaattien löytäminen oli mahdotonta. Onneksi nämä olivat kuitenkin erittäin helposti siirrettävissä, sillä karttatason kasvillisuus mukaili selkeästi järven rantaviivaa. ArcGIS Pro -ohjelmaa hyödynnettiin havainnollistamaan kasvillisuusmuutoksia Tuuloslammien vuoden 1899 kartan kohdalla. Se piirrettiin käsin uudestaan karttaohjelmaan paperikartan perusteella. Paikkatieto-ohjelmia hyödynnettiin myös kasvillisuuden hehtaarimäärien laskemisessa.

Alinen Rautjärvelle on suoritettu laajat koko järven kattavat kasvillisuuskartoitukset vuosina 2000 sekä 2023. Dataa on kirjallisen aineiston lisäksi paikkatietoaineistomuodossa, joten pinta-alojen laskenta näiltä vuosilta oli mahdollista niiltä osin, kun tiedostot oli merkattu joko viivoin tai polygonein. Vuoden 2023 elokuussa Alinen Rautjärven kasvillisuuskartoitus oli ainoa kaikista tutkimuksen kartoituksista, johon

kirjoittajan oli mahdollista osallistua fyysisesti paikan päälle suorittamaan kasvillisuuskartoitusta kokeneiden ammattilaisten johdolla. Kartoitus toimitettiin 8.8.2023, jolloin sää oli sateinen ja erittäin tuulinen. Kasvillisuuskartoitus suoritettiin soutuveneellä ja kasvillisuus merkattiin laminoidulle paperikartalle suoraan tussilla piirtäen. Tämän lisäksi apuna käytettiin vesikiikareita, haravaa, secchi-levyä sekä syvyyssmittaria. Kuvaajassa 5. kirjoittaja tarkastelee Alinen Rautjärven pohjaa edellä mainitun vesikiikarin avulla, jolloin saatetaan havaita veden alla viihtyvät kasvilajit. Syvyyssmittarin käyttö antoi mielenkiintoista tietoa uloimpien kasvillisuuksien syvyyksistä ja sillä voitiin myös tunnustella pohjanlaatua. Järveltä otettiin yhteensä kahdeksan GPS-pistettä varmistaakseen omien piirrosmuistiinpanojen sijaintien paikkansapitävyys. Samoilta pisteiltä mitattiin myös vedensyvyys.



Kuvaaja 5. Vedenalaisten vesikasvien havainnointia soutuveneestä vesikiikareilla Alinen Rautjärvellä 8.8.2023.

Ormajärvelle on suoritettu laajat koko järven kattavat kasvillisuuskartoitukset vuosina 1990, 1997 sekä 2017. Dataa on kirjallisen aineiston lisäksi paikkatietoaineisto-muodossa vuosina 1997 ja 2017, joten pinta-alojen laskenta näiltä vuosilta oli mahdollista niiltä osin, kun tiedostot olivat merkattu joko viivoin tai polygonein. Tuuloslammilta eli yhteisesti Ylinen Tuuloslammi ja Alinen Tuuloslammi, käsitellään tässä tutkimuksessa yhtenä järvenä selkeytyksen vuoksi. Tuuloslammilta on kerätty kasvillisuuskartoitus jo niinkin varhain kuin vuonna 1899 Helsingin tyttölyseon luonnontieteen ja maantieteen lehtorin, FL Gustaf Munsterhjelman toimesta. Sitten kasvillisuuskartoitus on toistettu vuosina 1997 sekä 2020.

4 Tulokset ja keskustelu

Kaikkien järvien tuloksia tulkitessa on huomioitu vesikasvikäsitteen laajempi merkitys, joka kattaa sisäänsä myös ranta- ja suokasveja antaen osviittaa muutoksista järvillä. Tarkempaa huomiota on kuitenkin kiinnitetty pleustofyytteihin eli veden irrallisiin kasveihin (irtokellujat, irtokeijujat sekä vesisammalet) sekä ritsofyytteihin eli pohjaan kiinnittyviin kasveihin (uposlehtiset, näkinpartaiset, pohjalehtiset, kelluslehtiset, ilmaversoiset). Usein vedessä kasvavilta rantakasveilta saattoi löytää näiden ravinteisuusryhmän, mutta muutamilta suo- tai rantakasveilta tämä jäi uupumaan. Elomuotoja ja ravinteisuusryhmiä tarkkailtiin, jotta voidaan ymmärtää ja hahmottaa kasvien merkitystä järvien ekosysteemisissä.

Tuloksia analysoitaessa on otettava huomioon kasvillisuuskartoitusmenetelmä, joka oli kaikilla järvillä koko kasvillisuuden analysointi linjamenetelmän sijaan. Tämä menetelmä valittiin, sillä tämä oli käytössä jo kaikilla aikaisemmilla kartoituksilla. Todennäköisesti kirjoittaja olisi valitessaan valinnut sen tästä huolimattakin, sillä näin saatiin koko järven kattava yleiskäsitys kasvillisuudesta. Tosin koskaan ei voi mennä takuuseen tästäkään menetelmästä huolimatta siitä, että kaikki lajit ovat löytyneet. Linjamenetelmä olisi helpompi toistaa ja näin ehkä luotettavampi tapa kartoittaa kasvillisuuden muutoksia, mutta linjat usein näyttävät vain osatotuuden ja ovat satunnaisia kaistoja.

Tutkimuksessa on tarkasteltu vieraslajikoostumuksen muutoksia tutkimusjärvillä. Suurimmassa riskissä ja alttiimpina vieraslajien aiheuttamiin muutoksiin ovat luontotyypeiltään ravinteiset- ja keskiravinteiset sisävedet (Tallinen, 2020). Sisävesien haitalliseksi vieraslajiksi kansallisessa vieraslajistrategiassa luokiteltu kanadanvesirutto (*Eloдея canadensis*) (Vieraslajit.fi), on havaittu tutkimuksen kartoituksissa. Muita EU:n vieraslajiluettelossa haitallisiksi säädettyjä vieraslajilöydöksiä ei kasvillisuuskartoiteltuilta järviltä havaittu. Kansallisia vakiintuneita järviltä löydettyjä vieraslajeja olivat isosorsimo (*Glycerina maxima*) ja valkokarhunköynnös (*Convolvulus sepium*), jotka leviävät helposti muun vesikasvillisuuden joukkoon (Tallinen, 2020). Todettakoon kuitenkin, että tähän mennessä kaikki tutkimuksen järvet ovat selviytyneet kohtuullisen hyvin vieraslajien tuomilta haasteilta. Vieraslajien lisäksi ilmastonmuutoksella on voinut olla vaikutusta tutkimusjärviin, sillä sen on povattu lisäävän rehevöitymistä – ja näin on kahdella järvistä käynyt.

4.1 Alinen Rautjärvi

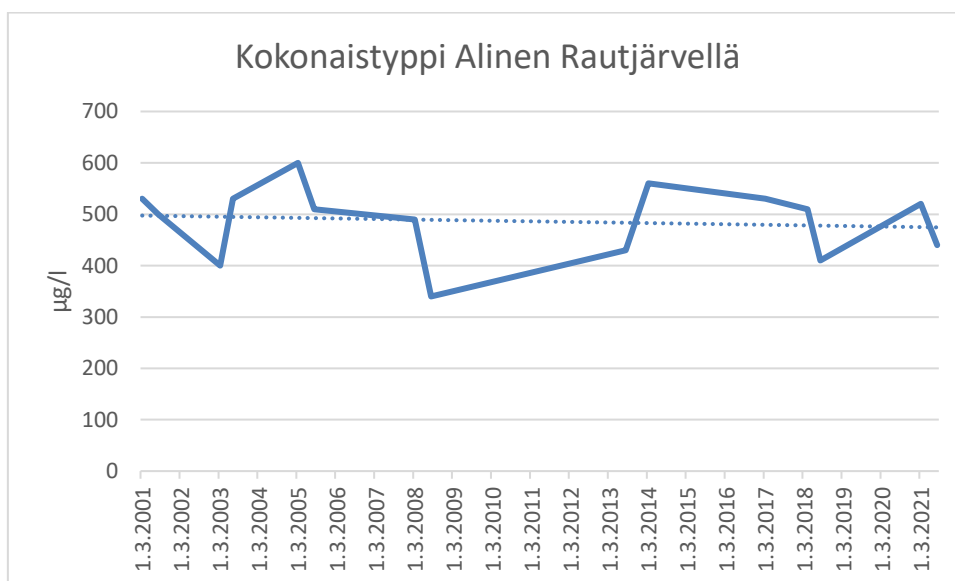
Liitteiden lajilistaus-taulukosta 8. ilmenee, että Alinen Rautjärvellä vesikasvilajien lukumäärä on laskenut määrällisesti vain yhdellä kartoitusvuosien aikana 24 lajista 23 lajiin. Kuitenkin tarkastellessa vuosia 2000 ja 2023 keskenään voidaan huomata, että lajimuutosta on tapahtunut seitsemän lajin verran. Kyseisenä ajanjaksona järveltä ovat kadonneet seuraavat lajit: tummalahnaruoho - *Isoetes lacustris* (o-(m)), järvikorte - *Equisetum fluviatile* (i), kurjenjalka - *Potentilla palustris* (i), myrkkyykeiso - *Cicuta virosa* (m), pikkulimaska - *Lemna minor* ((m)-e), ratamosarpio - *Alisma Plantago-aquatica* (m-e), purovita - *Potamogeton alpinus* (o-i) sekä pikkuvita - *Potamogeton berchtoldii* (m-e). Näiden lajien valossa voidaan huomata meso-eutrofisia oloja suosivien lajien tai ylipäättään monien keskiravinteisista oloista pitävien lajien kadonneen järveltä Puolestaan seuraavat lajit ovat ilmestyneet järvelle vuosien 2000–2023 välillä: raate - *Menyanthes trifoliata* (o-

m), rantaluikka - *Eleocharis palustris* (o-i)), siniheinä - *Molinia caerulea*, kastikat - *Calamagrostis* sp., rentukka - *Caltha palustris* (m), hapsiluikka - *Eleocharis acicularis* (o-m) sekä jousivihvilä - *Juncus filiformis*. Monet tulokaslajeista tuntuvat suosivan edes jonkin asteisia karuja oloja ja ovat suurimmaksi osaksi rantakasveja. Joukossa oli ainoastaan yksi ilmaversoinen ja yksi pohjalehtinen.

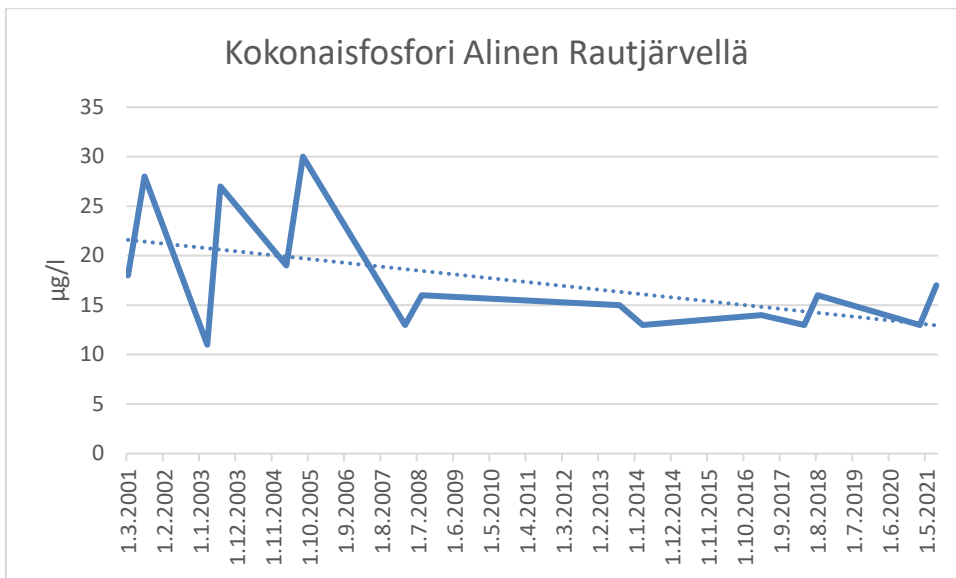
Vesikasvit, jotka esiintyivät molempina kartoitusvuosina, jakautuivat seuraavasti: 5/17 suosivat keskiravinteisia-ravinteisia kasvuoloja (meso-eutrofeja), 1/17 karuja kasvuoloja (oligotrofi), 1/17 karuja-keskiravinteisia kasvuoloja (oligo-mesotrofi), 10/17 sopeutuneet moniin oloihin (indifferenttejä). Näyttääkin siltä, että suurin osa kaikkina vuosina esiintyneistä lajeista ovat sopeutuneet keskiravinteisiin tai kaikenlaisiin oloihin.

Kaikki muutokset eivät kuitenkaan selity täysin veden laadun perusteella. Kadonneista lajeista järvikorte ei todennäköisesti selity vesikemian muutoksilla vaan edustaa lajia, joka oli ennen yleinen monilla järvillä ja nyt joko kadonnut, katoamassa tai taantunut. Tämä selittyy todennäköisesti suurten lintujen, kuten joutsenen syöden järvikortteet (LuontoPortti, 2021). Näiden määrät ovat kasvaneet reilusti viimeisen vajaan sadan vuoden ajan (Kasurinen, 2018) ja vaikka nyt kasvu on hidastunut, ovat muuttavat määrät erityisen suuria (BirdLife Suomi). Puolestaan pikkulimaskan ja hapsiluikan kohdalla on hyvinkin mahdollista, että lajeja vielä löytyykin järveltä suppeita määriä, mutta todella pienen kokonsa vuoksi näiden löytäminen on saattanut jäädä havainnoimatta.

SYKEN ympäristötieton hallintajärjestelmä Hertan pintavesienlaadun aineistoista voidaan todeta Alinen Rautjärven vesien muuttuneen hieman vähäravinteisemmaksi. Elokuussa 1999 kokonaistypen lukema oli 370 µg/l, jolloin järvi luokitellaan vähäravinteiseksi – elokuun 2021 mittauksissa sama arvo oli 440 µg/l, joka kuvastaa keskiravinteista vettä (Suomen Ympäristökeskus). Kuitenkin tarkastellessa typen muutoksia koko tutkimusajanjaksolla kuvaajasta 6. nähdään, että typpi on laskemaan päin. Kokonaisfosforin suhteen arvot ovat pysyneet kartoitusvuosina samankaltaisina (19 µg/l à 17 µg/l), ja yleinen trendi myös fosforin kohdalla on laskemaan päin, kuten kuvaajasta 7. voi todeta. Molempien tutkimusvuosien perusteella Alinen Rautjärvi luokitellaan kokonaisfosforinsa keskiravinteiseksi.

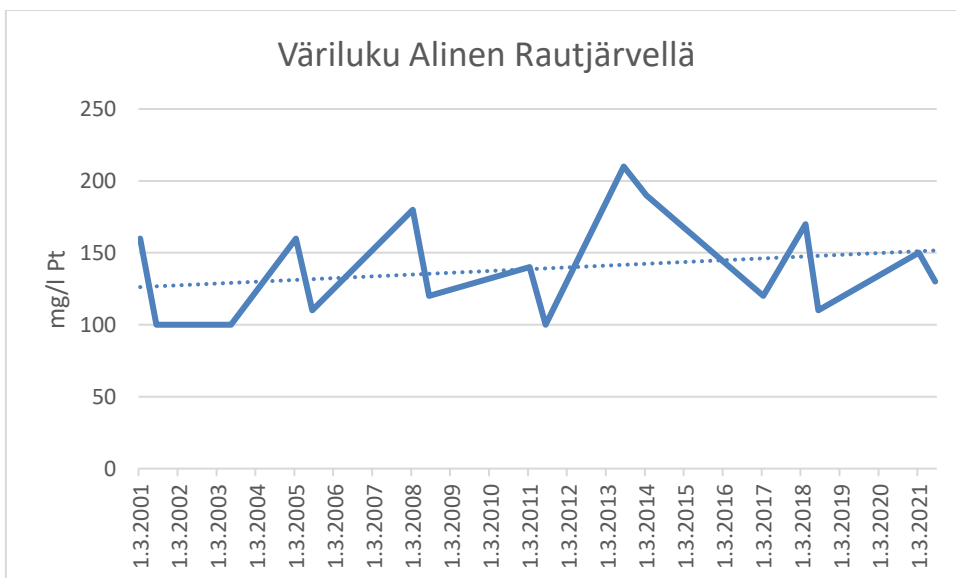


Kuvaaja 6. Kokonaistypen muutokset Alinen Rautjärvellä vuosina 2001–2021.



Kuvaaja 7. Kokonaistypen muutokset Alinen Rautjärvellä vuosina 2001–2021.

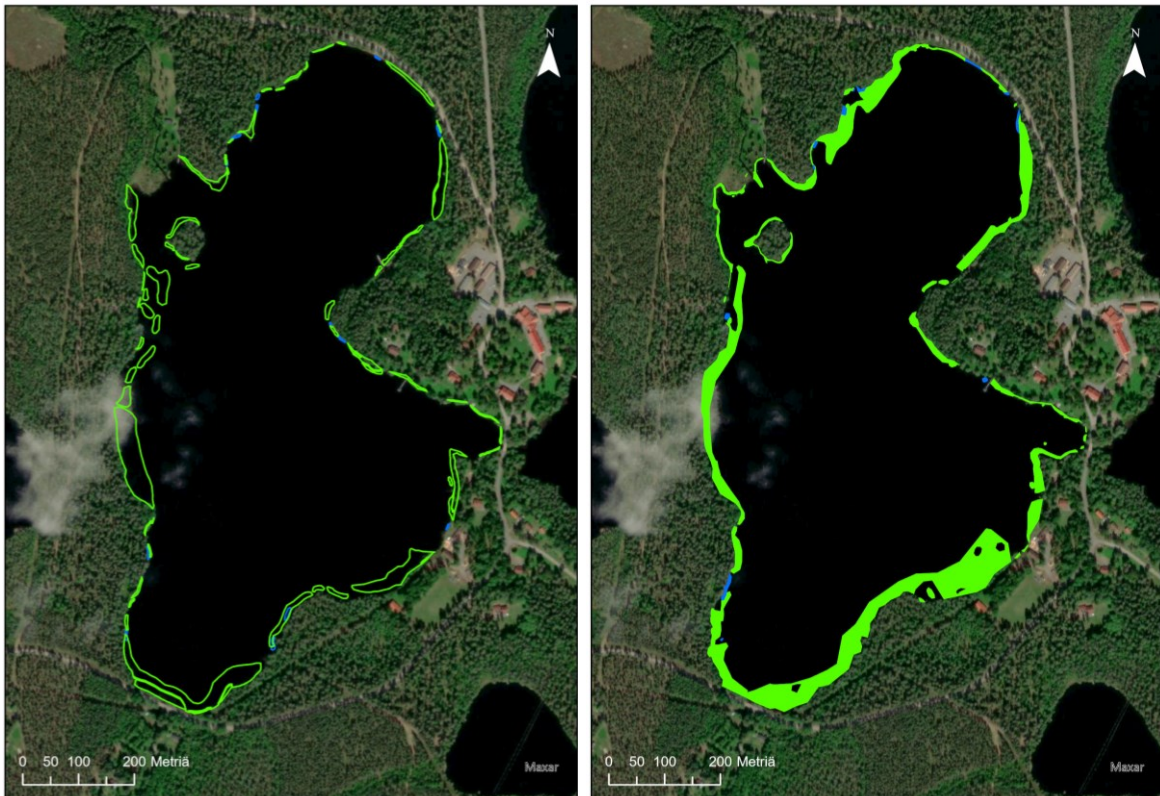
Samasta aineistosta selviää myös, että näkösyvyys järvellä on tippunut reilusti ja vesi on muuttunut väriltään tummemmaksi. Vuonna 1999 saattoi nähdä 1,7 metriin, kun puolestaan vuonna 2021 näkösyvyys oli laskenut 0,8 metriin, joten muutosta näinä vuosina on tapahtunut hulppeat 0,9 metriä. Tällä saattaa olla merkitystä kasvillisuudenkirjoon, sillä veden valaistusolosuhteet ovat yksi tärkeimpiä lajistoja sekä kasvien määrää sääteleviä tekijöitä ja humuspitoisissa vesissä kasvillisuus ulottuu karkeasti näkösyvyyttä vastaavaan syvyyteen (Eloranta, 1992). Järveltä kadonneista lajeista moni oli pohjalehtisiä, irtokelluvia tai uposlehtisiä. Alinen Rautjärvellä veden yleisolemus on ruskeaa ja sen trendi on maltillisesti ylöspäin, kuten veden väriluvusta kuvaajasta 8. voi nähdä.



Kuvaaja 8. Väri-luvun muutokset Alinen Rautjärvellä vuosina 2001–2021.

Lämpötila on saannut mittaushistorian aikana, joten muutaman asteen vaihtelu tarkasteltujen vuosien välillä ja tällä ei uskoisi olevan suurta vaikutusta tuloksiin. Hertan aineistoista nähdään myös järven kokonaissyvyyden heitelleen. Vedenkorkeuden vaihtelulla on suuri merkitys litoraalisessa ympäristössä, sillä sen seurauksena vesikasvien on totuttava ajoittaiseen kuivilla oloon (Eloranta, 1992). Vedentaso on laskenut 2000-luvun

taitteesta nykyhetkeen, aikaisemmin järven syvin kohta on maannut noin 10 metrissä, kun viime aikoina mittaustuloksina on saatu noin 8,2 metriä. Tähän on saattanut vaikuttaa moni asia, mutta ilmastonmuutoksen mukanaan tuomilla muutoksilla saattaa olla vaikutusta haihduntaan sekä kuivuuteen ja tätä kautta vedenmäärään altaassa. Alinen Rautjärven pinnankorkeuden vaihtelulla ei ole ollut vaikutusta siitä alaspäin laskevan Evojoen syvyyteen näiden risteyskohdassa, joten kasvuolot vesikasvillisuudelle tästä näkökulmasta ainakin järven eteläpuolella ovat todennäköisesti pysyneet samankaltaisina kokonaissyvyyden heittelystä huolimatta. Normaalista enempää ulappaa kohti karkauksia tai kuolemia pohjaan asti jäätymisestä ei todennäköisesti ole tapahtunut tutkimusvuosien aikana. On hyvin mahdollista, että järven aineistoja kerätessä ei kaikki mittaajat ole osanneet löytää syvintä kohtaa, joka saa muutoksen näyttämään dramaattisemmalta kuin todellisuus. Vuoden 2023 kartoituksessa mittauspisteiden syvyys vaihteli 35 cm ja 160 cm välillä ja pohjanlaatu todettiin soraksi, hiekaksi sekä hieta/hiesuksi.



Kuvaaja 9. Alinen Rautjärvi. Vasemmalla vuoden 2000 kasvillisuuskartoituksen ilmaversoiset vihreällä (järviruoko, järvikorte, järvikaisla & terttualpi) ja uposlehtiset sinisellä (nuottaruoho) merkattuna. Oikealla vuoden 2023 kasvillisuuskartoituksen ilmaversoiset vihreällä (rantaluikka, järvikorte, järviruoko, järvikaisla, keltakurjenmiekka, leveäosmankäämi, rantapalpakko, *terttualpi* & *sarat*) ja uposlehtiset sinisellä (nuottaruoho) merkattuna.

Kuitenkin, jos järvi on todella laskenut ilmaversoisten ja kelluslehtisten kasvien määrän nousua voi selittää madaltunut vesimäärä altaassa. Silloin nämä elomuodot saattavat levittäytyä laajemmille matala vetisemmille alueille. Kuitenkaan mitään erityisen mullistavia valtauksia ei ole järvellä kartoitusten välillä tapahtunut, kuten voidaan todeta kuvaajasta 9. verratessa ilmaversoisten ja uposlehtisten suhdetta molempina tutkimusvuosina. Pinta-alojen suhteen kaikista vesikasvilajeista ei ole tiedossa hehtaarimääriä. Tosin muutosta niistä lajeista, joista on hehtaarimäärätietoa saatavilla kuvastavat hyvin maltillista pinta-alan muutosta, sillä yhteensä vesikasvillisuus on kasvattanut pinta-alaansa 23 vuoden aikana ainoastaan noin 2,9 ha. Alinen Rautjärvellä

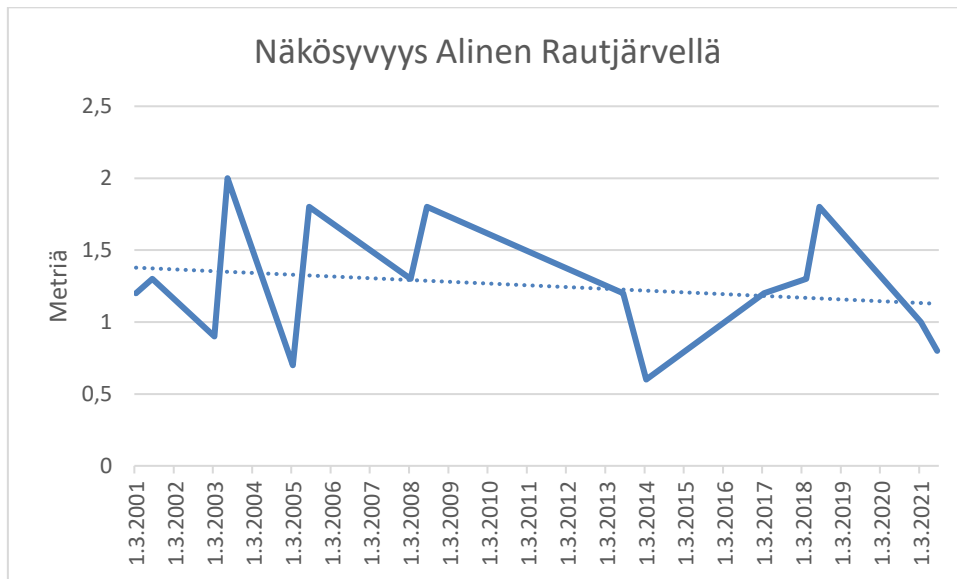
seuraavat lajit ovat kasvattaneet pinta-alaansa: isoulpukka (0,13 ha), järvikaisla (0,87 ha), sarat (0,40 ha) ja järviruoko (3,19 ha). Puolestaan terttualpin hehtaanimäärä on hienoisesti laskenut vuoden 1997 kartoituksesta, 0,022 ha verran. Tällaisella laskulla ei ole suurta merkitystä ja oligo-mesotrofisena lajina terttualpit viihtyvät suhteellisen laajassa skaalassa kasvupaikkoja. Hehtaanimääräisesti kaikki pinta-alaansa kasvattaneet lajit ovat indifferenttejä eli esiintyvät ravinteisuudeltaan erilaisilla kasvupaikoilla. Sen sijaan pohjanlumme (i), keltakurjenmiekka (e), uistinviita (i) sekä rantapalpakko (m-e) ovat vuoden 2000 kartoituksessa merkattu karttaan ainoastaan pistein ja vuoden 2023 kartoituksessa ovat nämä hehtaanimäärin varustettuna. Hehtaanimäärät ovat kuitenkin todella pieniä 0,06 ha, 0,002 ha, 0,04 ha sekä 0,021 ha vastaavassa järjestyksessä. Lajit edustavat kaikenlaisia tai ravinteikkaimpiin oloihin suosivia lajeja, joten tämä ei ole suorassa linjassa muihin havaintoihin. Tosin, nämä nousut ovat niin maltillisia, ettei niillä välttämättä ole muuta merkitystä kuin kirjurin merkkauseuro eikä siis merkitystä todellisen nousun suhteen.



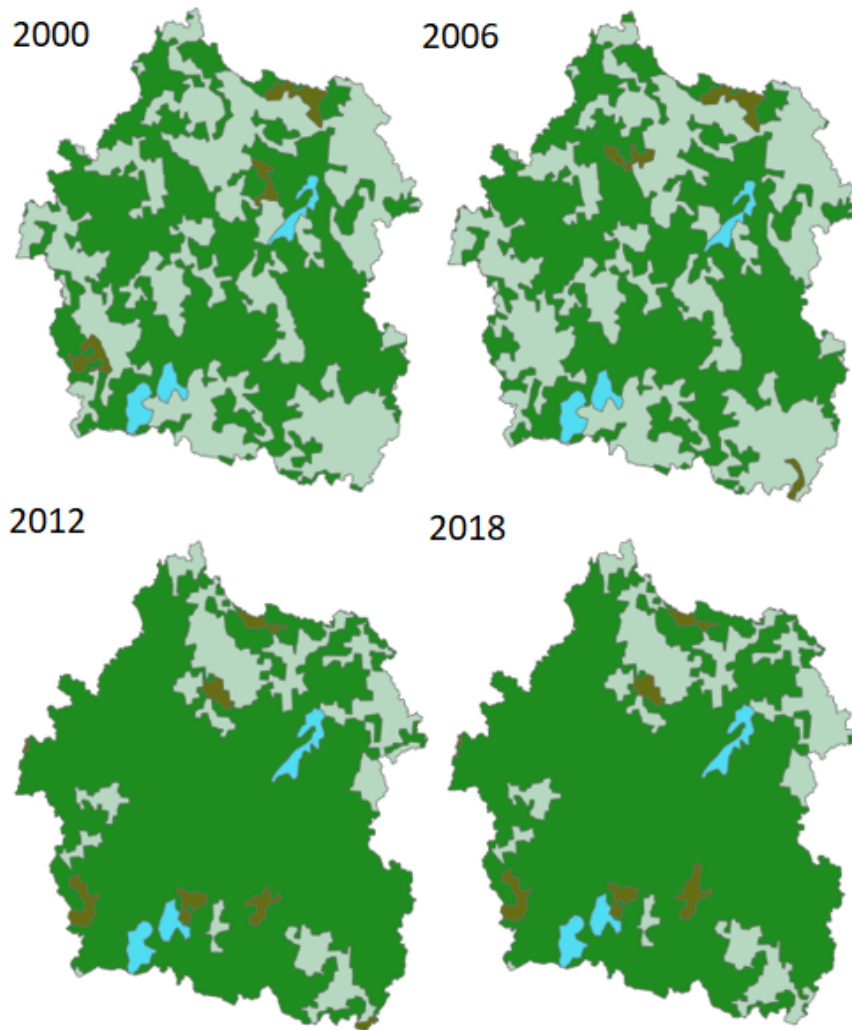
Kuvaaja 10. Nuottaruohoa Alinen Rautjärvellä kesän 2023 kartoituksessa.

Nuottaruohon vähentymisen laajuudesta järvellä ei ole tarkkaa tietoa, mutta edeltävässä kartoituksessa on sen määrä merkattu karttaan hehtaarein (0,07 ha) ja seuraavassa ainoastaan pistetiedostona kartalle ilman hehtaanimääräistä tietoa. Kuitenkin kuten kuvaajasta 10. saatetaan hyvin nähdä, ei kyseessä ole vain muutama kasviyksilö kesän 2023 kartoituksen aikaan, vaikka kartalla tämä olikin vain pistetiedostona. Mahdollinen nuottaruohon määrän lasku voi mahdollisesti enteillä Alinen Rautjärven järviyypinmuutosta. Tällä hetkellä järvi on luokiteltu *Lobelia*-tyypiksi eli nuottaruohojärveksi, mutta on mahdollista, että Alinen Rautjärven botaninen luokittelu on hitaassa muutoksessa perustuen järvellä tehtyihin kasvillisuuslöydöksiin. Nuottaruohon vähenemisen lisäksi on sen ilmaversoisten osuus nousemaan päin, molempina tutkimusvuosina ilmaversoisten

kasvien osuus on ollut tiheää ja runsasta. Tyypillisesti *Lobelia*-tyypeillä ilmaversoisten osuuden tulisi olla harvaa. Vesisammalia ei järveltä ole löytynyt sekä pohjalehtiset eivät ole parhaiten kehittyneet elonmuoto järvellä. Pohjalehtisiä on havaittu joka vuotisen nuottaruohon lisäksi ainoastaan joitakin ryppäitä jompaa kumpaa tummalahnaruohoa (2000) tai hapsiluikkaa (2023) vuoden mukaan. Nuottaruohoa ei ole myöskään tavattu kovin syvältä, vaan se on viihtynyt rannan läheisyydessä. Nuottaruohot suosivat kirkkaita vesiä ja tämän taantumiseen on saattanut vaikuttaa veden värin tummuminen ja näkösyvyyden lasku Alinen Rautjärvellä, kuten kuvaajasta 11. nähdään.



Kuvaaja 11. Näkösyvyys Alinen Rautjärvellä vuosina 2001–2021.



Kuvaaja 12. Alinen Rautjärven valuma-alueen muutokset vuosina 2000–2018. Sininen kuvastaa järviä, tumman vihreä havumetsiä, vaalean vihreä sekametsiä ja ruskea harvapuustoisia alueita.

Tarkastellessa Alinen Rautjärven valuma-alueita Suomen ympäristökeskuksen CORINE-aineiston (taso 3) (Suomen ympäristökeskus, 2012) mukaan Alinen Rautjärven noin 6659 ha kokoisella valuma-alueella on ainoastaan neljää erilaista maankäytön muotoa: harvapuustoiset alueet, havumetsät, järvet sekä sekametsät. Näiden määrät ovat heitelleet mittausvuosina, suurimpina muuttujina havu- ja sekametsät. Taulukosta 5. voidaan laskea, että prosentuaalisesti havumetsät ovat kasvaneet vuodesta 2000 vuoteen 2018 huppeat 66,84 %, kun sekametsäalan määrä on samana aikana laskenut 37,54 %. Harvapuustoiset alueet ovat kasvaneet ainoastaan 38,42 h mittausvuosien aikana ja järvi alueet puolestaan 13,27 ha. Vuonna 2023 maankäytöstä 92 % metsien ja 6 % järvien peitossa (Scalگو, 2023). Puolet valuma-alueen maaperästä on moreenia, noin viidesosa karkearakeista maalajia, noin kuudesosa turvetta, loppujen maaperästä jakautuen kalliomaan ja veden kesken (Scalگو, 2023). Ainoastaan 1 % Alinen Rautjärven luonnonsuojelualueella sijainneesta valuma-alueen maanpeitteestä oli keinotekoisia laatuja (Scalگو, 2023).

Vuosien 2006 ja 2012 välillä valuma-alueen valtasuhteet saivat uudet sfäärin havupuiden ottaessa vallan valuma-alueella, jolloin sekametsät joutuivat väistymään. Tällä on saattanut olla vaikutusta alueen ravintoverkkoon ja vesikasvillisuuteen, sillä lehtimetsävaltaisten alueiden valunta on erilaista kuin ikivihreiden havupuiden. Jokaisena tarkastelu ajanjaksona Alinen Rautjärven valuma-alueella on suoritettu hakkuita, mutta näistä

jokainen on valuma-alueen kokoon suhteutettuna pienehkön kokoinen. Tosin vaikka metsä-hakkuu suhde on pysynyt kohtuullisen samankaltaisena, nähdään kuvaajasta 12., että vuoteen 2012 mennessä Alinen Rautjärven läheisyyteen on ilmestynyt muutamia hakkuualueita, jotka saattaisivat selittää väriluvun nousua ja näkösyvyyden laskua. Tällä voi mahdollisesti myös selittyä uposlehtisten lajien lasku ja irtokellujien katoaminen. Voi olla, että osa syynä voi olla kelluslehtisten määrän (erityisesti ulpukan) nousu järvellä, joka innostuessaan tukehduuttaa uposkasvillisuuden. Muuten Alinen Rautjärven valuma-alueen maankäytön muutoksilla ei todennäköisesti ole ollut merkittävää vaikutusta järven vesikemian ja sen myötä kasvillisuuden muutoksiin.

Taulukko 2. Elomuotojen lajimääräinen osuus kaikista kasvilajeista Alinen Rautjärvellä eri vuosina prosentteina.

Elomuodot	2000	2020
1. Irtokellujat, %	4,2	0
2. Irtokeijujat, %	0	0
3. Vesisammalet, %	0	0
4. Uposlehtiset, %	12,5	4,3
5. Näkinpartaiset, %	0	0
6. Pohjalehtiset, %	8,3	8,7
7. Kelluslehtiset, %	12,5	13
8. Ilmaversoiset, %	29,2	26,1
9. Ranta- ja suokasvit, %	33,3	47,8
Lajimäärä yhteensä, kpl	24	23

Taulukosta 2. nähdään elomuotojen suhteet Alinen Rautjärvellä lajimääräisesti molempina tutkimusvuosina. Voidaan huomata pohja- ja kelluslehtisten lajimäärän kasvaneen hieman sekä ranta- ja suokasvien määrän kasvaneen lajitasolla ryöpsähtäneen. Lajitasolla esimerkiksi kelluslehtisten osuus kaikista järvellä esiintyvistä lajeista oli vuonna 2000 12,5 % ja vuonna 2023 vastaavaluku oli 13,0 %, molempina vuosina kartoituksissa havaittiin kolme lajia pohjalumme, isoulpukka sekä uistinviita. Realistista järvipinta-alan muutosta on hankala todeta varmaksi, sillä vuoden 2000 kartoituksessa ainoastaan valikoidut lajit oli merkattu aineistoon hehtaarimäärien kera (kuten kelluslehtisten kohdalla ainoastaan ulpukka), puolestaan vuoden 2023 kartoituksen kaikkien lajien ala on mahdollista laskea. Sama ongelma havaittiin kaikkien elomuotojen pinta-alan laskennan kannalta.



Kuvaaja 13. Alinen Rautjärven kasvillisuus ravinteisuusluokkien perusteella, vasemmalla vuonna 2023 ja oikealla vuonna 2000. Karttoja tulkitessa on huomioitava datan poikkeavuus, sillä ainoastaan viimeisimpänä kartoitusvuonna on kaikki lajit merkattu kartalle.

Monet järveltä vuoden 2000 jälkeen kadonneet lajit edustavat meso-eutrofisia lajeja, kun puolestaan tulokaslajit suosivat oligo-mesotrofisia ja indifferenttiä ympäristöä. Sama voidaan huomata kuvaajan 13. kartoista, erityisesti kaikenlaisista oloista tavattavia lajeja on Alinen Rautjärvellä huikasti enemmän karttapohjaisen aineiston kohdalla vuonna 2023 verrattuna vuoteen 2000. Vesikemialla on saattanut olla oma osansa vesikasvillisuuden muutoksiin, kuten esimerkiksi tummalahnaruohon katoamiseen, sillä näkösyvyyden kaventuessa 90 cm uposlehtisten yhteyttäminen kärsii. Vieraslajeja Alinen Rautjärvellä ei ole havaittu varsinaisen vesikasvillisuuden keskuudesta, vaikka vuoden 2023 kartoituksessa läheltä rantaa havaittiin pusikollinen jättipalsamia. Tämä oli kuitenkin sen verran kaukana järveltä, ettei sitä voitu merkitä järven kasvillisuuskartoitukseen.

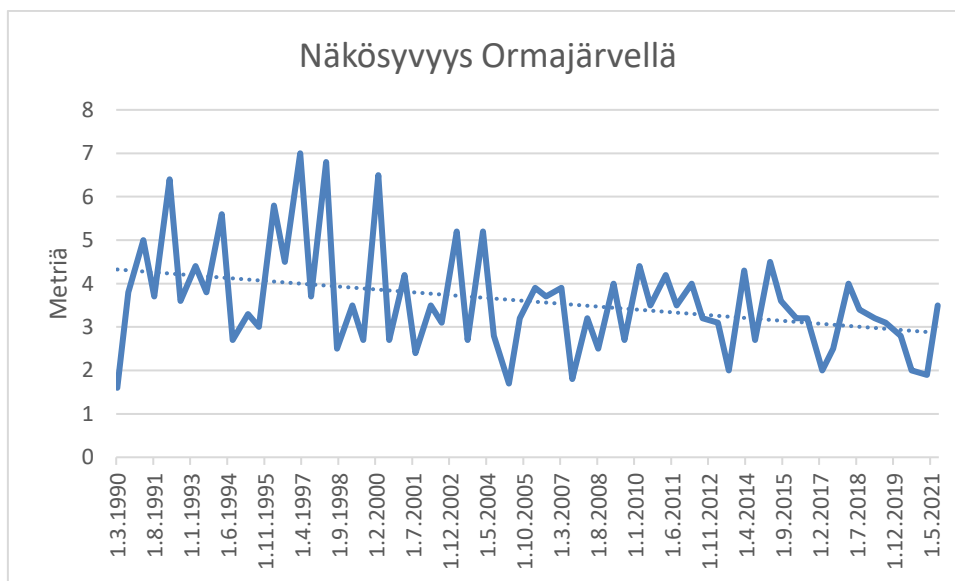
Lopuksi todettakoon, ettei suurella määrällä luontomatkailua vaikuta olevan negatiivista vaikutusta Alinen Rautjärven vedenlaatuun. Järven rannalla vierailee paljon ihmisiä niin retkeilemässä kuin opiskelemassa Hämeen ammattikorkeakoulun Evon kampuksella, joka sijaitsee muutama sata metriä Alinen Rautjärvestä. Ihmismäärästä huolimatta on järven tila pysynyt hyvänä, eikä voida osoittaa tällä olleen vaikutusta vesikasvillisuuteen tai sen muutoksiin.

4.2 Ormajärvi

Ormajärvellä on tapahtunut muutosta vesikasvilajien lukumäärissä eri kartoitusvuosien välillä, kuten kaikenkattavasta lajilistauksesta liitteiden taulukosta 9. voidaan todeta. Ensimmäisenä mittausvuotena 1990 lajien lukumääräksi laskettiin 31 kappaletta, sisältäen monipuolisen kattauksen erityyppisiä kasvilajeja. Vuoteen 1997 mennessä lajiston lukumäärä oli noussut kahdeksalla lajilla, 39:ään. Tällä kartoitusvälillä Ormajärvellä ainoastaan kaksi lajia syrjäytyivät pois, järvikaisla - *Schoenoplectus lacustris* (i) sekä siloparta - *Nitella* sp. (m-e), jotka edustavat hyvin erityyppisiä elomuotoja. Tulokaslajit

olivat seuraavat: vesitatar - *Polygonium amphibium* (m-e), ranta-alpi - *Lysimachia vulgaris*, kurjenjalka - *Potentilla palustris* (i), rantakukka - *Lythrum salicaria* (m), myrkkyykeiso - *Cicuta virosa* (m), isovesiherne - *Utricularia vulgaris* (i), uistinvita - *Potamogeton natans* (i), pikkuvita - *Potamogeton berchtoldii* (m-e), rantapalpakko - *Sparganium emersum* (m-e), rantaleinikki - *Ranunculus-reptans* (o-m) sekä ruokohelpi - *Phalaris arundinacea* (m-e). Uusien lajien valossa näyttäisi meso-eutrofisten ja indifferenttien olevan kaksi suurinta ravinteisuusryhmien edustajaa, molempien saaden järvelle neljä uutta lajia. Mesotrofisia oloja suosivia lajeja ilmestyi kaksi lisää ja oligo-mesotrofisia yksi. Keskiravinteisuuden suosinta vaikuttaisi olevan vuoden 1997 kartoituksen osalta suurinta.

Kartoitusten edetessä vuoteen 2017 lajien lukumäärä oli noussut edelleen aikaisempiin listauksiin verrattuna viiden lajin verran. Tosin lajistossa on tapahtunut suurempia muutoksia, sillä kyseisellä aika välillä kadonneita lajeja olivat seuraavat: tummalahnaruoho - *Isoetes lacustris* (o-(m)), järvisätkin - *ranunculus peltatus* (o-(m)), katkeravesirikko - *Elatine hydropiper* (m-e), äimäruoho - *Subularia aquatica* (o-m), uposvesitähti *Callitriche hermaphroditica* (e), isovesiherne *Utricularia vulgaris* (i), purovita - *Potamogeton alpinus* (o-i), pikkuvita - *Potamogeton berchtoldii* (m-e), sekä siimapalpakko *Sparganium gramineum* (m). Näistä lajeista suurin osa edustaa mesotrofisia elinoloja suosivia kasveja, vaikka melkein yhtä suuri määrä onkin indifferenttejä ja jonkin oligomesotrofeja. Kolme kadonneista lajeista ovat pohjalehtisiä, neljä uposlehtisiä sekä yksi lajeista on irtokeijuja. Näiden elomuotojen ollen ainoita aikavälillä kadonneita, saattaa se kieliä ongelmista liittyen veden madaltuneeseen näkösyvyyteen (kuvaaja 14.).



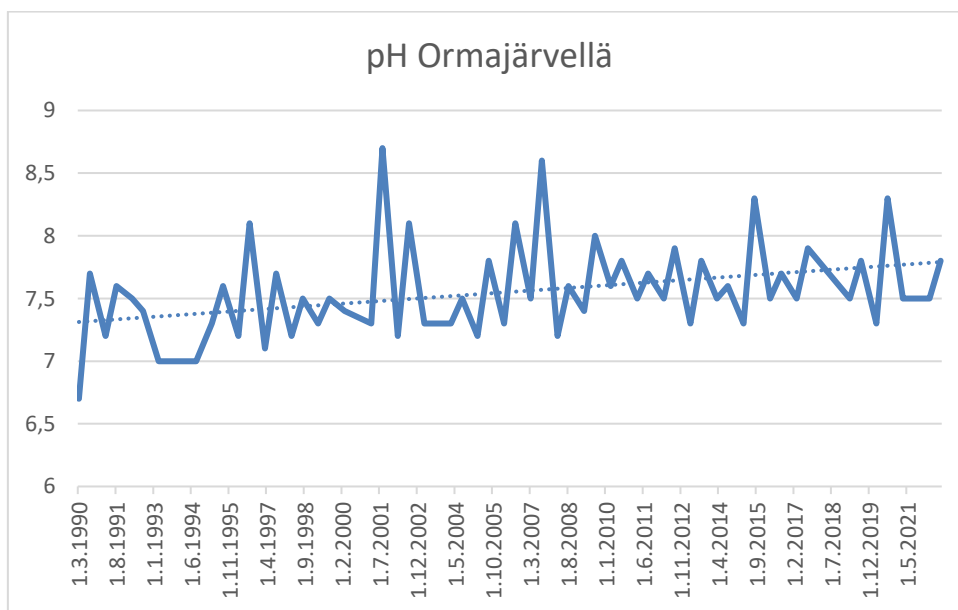
Kuvaaja 14. Näkösyvyyden muutokset Ormajärvellä 1990–2022.

Kartoituksessa löydettyjä uusia vesikasveja järvellä olivat takaisinpalaavat järvikaisla - *Schoenoplectus lacustris* (i) ja siloparta - *Nitella sp.* (m-e). Siloparran katoaminen ja uudelleen ilmestyminen järvelle voi myös selittyä yksinkertaisesti sillä, ettei sitä nähty vedenalta vuonna 1997. Tulokaslajeja olivat vuonna 2017: isonäkinsammal - *Fontinalis antipyretica* (o-m), poimuvita - *Potamogeton crispus*, kastikka - *Calamagrotis sp.*, jousivihvilä - *Juncus filiformis*, rantayrtti - *Lycopus europaeus* (m-e), rantaminttu - *Mentha arvensis* (m-e), suoputki - *Peucedanum palustre*, pystykeiholehti - *Sagittaria sagittifolia* (e), korpikaisla - *Scirpus sylvaticus* (m), luhtavuohennokka - *Scutellaria galericulata*, isohaarapalpakko (*Sparganium microcarpum*) ja punakoiso (*Solanum dulcamara*).

Tarkastellessa listausta voidaan todeta suurimman ryhmän olevan meso-eutrofiaa ja yleisesti keskiravinteiseen suuntaan suosivia lajeja. Elomuotojen perusteella järvellä on vuonna 1997 ollut kattavasti kaikenlaisia vesikasveja.

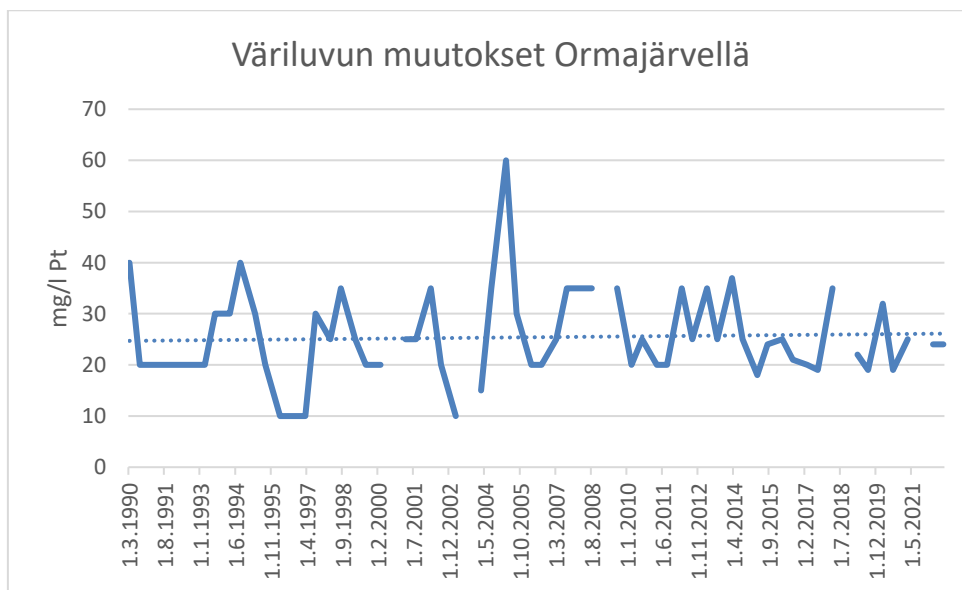
Kasvilajit, jotka esiintyivät kaikkina kartoitusvuosina, jakautuivat seuraavasti: 8/20 indiffirenttejä, 3/20 oligotrofeja, 2/20 oligo-mesotrofeja, 6/20 meso-eutrofeja, ja 1/15 eutrofeja. Vuosien 1990 ja 1997 välissä ainut kadonnut laji, järvikaisla, edustaa indiffirenttejä. Puolestaan 1997 jälkeen kadonneet lajit Ormajärveltä edustavat laajalla skaalalla kaikenlaisia elinoloja suosivia lajeja, eikä yhtä suoranaista trendiä. Kuitenkin rehevyyteen taittavilla lajeilla tuntuu järvellä olevan hyvät olot ja kaikenlaisia tai karuja lajeja on karsiutunut Ormajärveltä pois. Esimerkiksi meso-eutrofisia suosivalla järviruo'olla kasvuala on lisääntynyt yli kaksinkertaisesti ja rehevissä järvissä viihtyvä kalvasärviä myös lisännyt vaikutustaan reilulla kädellä.

Hehtaaramääräisiä muutoksia tarkastellessa voidaan verrata aineistoa ainoastaan vuosien 1997 ja 2017 välillä, sillä aikaisemman kasvillisuuskartoituksen (1990) karttamateriaalia ei ole saatavilla, kuten ei myöskään tämän lajeille laskettua hehtaaramääräistä aineistoa. Vuoden 2017 kartta-aineisto on toteutettu suurimmaksi osaksi polygonien avulla, joten kaikkien näiden lajien pinta-alat on saatu laskettua, kun puolestaan vuonna 1997 aineisto oli pitkälti pistemuotoista, joten realistista pinta-ala vertailua ei kaikkien lajein kohdalla ole saatu toteutettua. Voidaan kuitenkin huomata lajien kohdalla, joiden määrää pystytään hehtaareissa verrata, että vesikasvillisuuden pinta-ala järvellä on kasvanut reippaat 13 hehtaaria 20 vuodessa, koko järven pinta-alasta nousu on 2,56 prosenttiyksiköstä 4,6 prosenttiyksikköön. Enimmäkseen nousua on tapahtunut monien ilmaversoisten lajien sekä uposkasvi kalvasärviän kohdalla. Seuraavat lajit ovat kasvattaneet pinta-alaansa Ormajärvellä: järvikorte (1,21 ha), kalvasärviä (2,28 ha), sarat (2,98 ha) sekä järviruoko (4,07 ha). Pinta-alaltaan laskevia lajeja olivat vesirutto (0,26 ha), ahvenvita (0,26 ha) sekä leveösmanikämi (0,90 ha). On todennäköisesti käynyt niin, että järviruoko on syönyt elintilaa leveösmanikämilta ja kalvasärviä niin ahvenvidalta kuin vesirutoltakin. Positiivista on järvikortteen tilan koheneminen, joka on muilla tutkimuksen järvillä vähentynyt tai kadonnut.



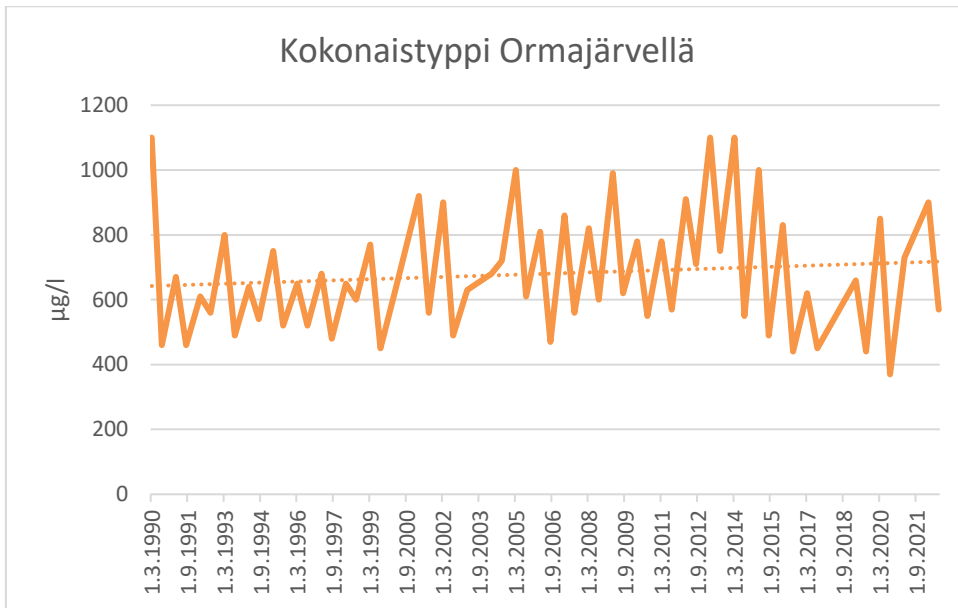
Kuvaaja 15. Ormajärvellä tapahtuneet pH:n muutokset 1990–2022.

Vesikemiaa tarkastellessa voidaan huomata mielenkiintoisia trendejä vuosien 1990, 1997 sekä 2017 välillä ja näiden tukevan teoriaa järven rehevöitymisestä. Monet arvot ovat pysyneet kohtuullisen samankaltaisina läpi vuosikymmenien, kuten järven happitaso, vaikka sen kyllästysaste onkin hieman laskenut. Kokonais- ja näkösyvydetkin ovat kohtuullisen samankaltaista, tosin molemmissa on havaittavissa hienoista laskua. Yksi nousevista arvoista on pH, joka pomppasi aikaisempien vertailuvuosien 7,7 pH:sta 7,9 pH-arvoon tarkoittaen veden lisääntyvää emäksisyyttä. Kuten kuvaajasta 15. huomataan, on Ormajärvellä tapahtunut todellista pH:n nousua vuosien 1990–2022 välillä. Syynä tähän saattaa olla perustuotannon nousu, jonka yhteyttäminen nostaa pH:ta. Tarkastellessa asiaa voidaan huomata, että järvellä on useasti havaittu runsaitakin määriä levää. Väriluku, joka tarkoittaa veden ruskeutta ja humusleimaa on heitellyt värittömän ja hieman humuspitoisen välimaastossa vuoden mukaan, kuvaajasta 16. voidaan kuitenkin huomata vaihtelun olleen pienimuotoista.

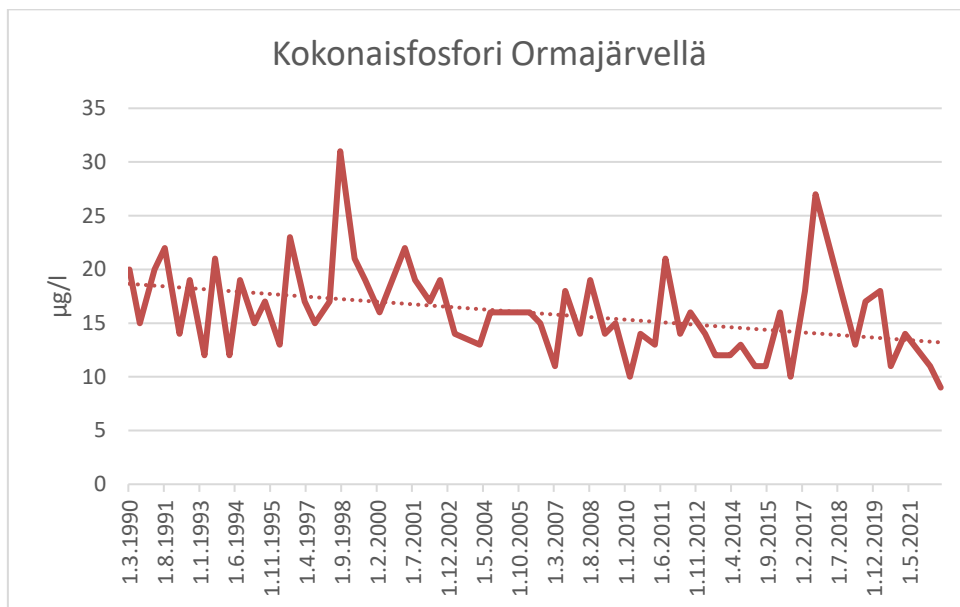


Kuvaaja 16. Ormajärven väriluvun muutokset 1990–2022.

Ravinteisuuden näkökulmasta on järvellä myös tapahtunut muutoksia. Kuvaajasta 17. nähdään kokonaistypen olevan alaspäin laskeva, laskien jokaisena tarkasteltuna vuotena 520 $\mu\text{g/l Pt}$ (1990), 480 $\mu\text{g/l Pt}$ (1997) ja 450 $\mu\text{g/l Pt}$ (2017). Samanaikaisesti järven kokonaisfosfori, joka on sisävesillä usein vesikasvillisuuden kasvua rajoittava tekijä, on noussut lähemmäksi tuplaten vuoden 1997 arvosta 15 $\mu\text{g/l}$ vuoden 2017 arvoon 27 $\mu\text{g/l}$ voidaan todeta kuvaajassa 18. Tämä uusi arvo antaa Ormajärvellä rehevän järven leiman. Nämä tarkastellut vuodet eivät kuitenkaan kerro koko totuutta, sillä välillä 1990–2022 kokonaisfosforin trendi on alaspäin ja kokonaistypen puolestaan ylöspäin. Ormajärvellä lasketaan puhdistusjätevesiä, joka varmasti toimii osaselittäjänä kokonaistypen muutoksissa. Vaikka typen poistoa on laitoksella pyritty parantamaan, on Ormajärven kokonaistypen suunta silti ylöspäin nouseva. Valuma-alueelta tulevat ravinteet todennäköisesti selittävät typpikuormia. Typpi ei kuitenkaan ole vesikasvillisuudelle rajoittava tekijä.



Kuvaaja 17. Kokonaistyyppien muutokset Ormajärvellä 1990–2022.



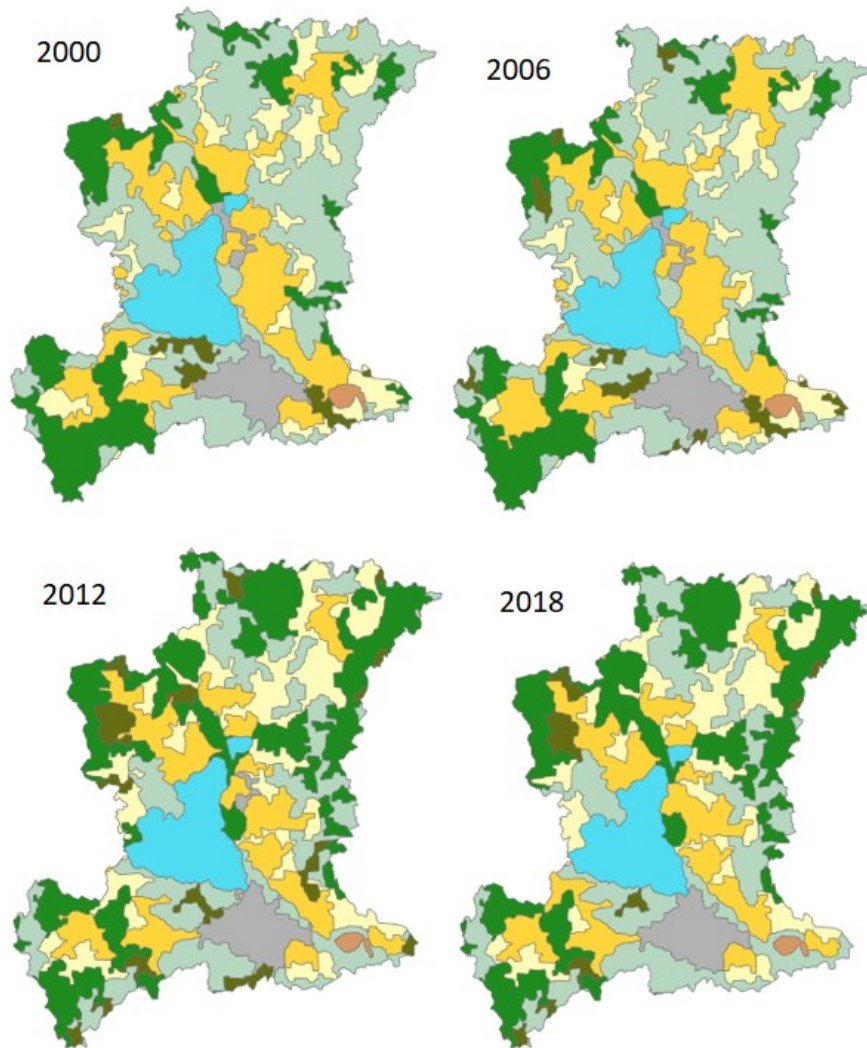
Kuvaaja 18. Kokonaisfosforin muutokset Ormajärvellä 1990–2022.

Lisääntyneen vesikasvi määrään saattavat vaikuttaa muutokset pH:ssa ja ravinteiden tasossa, mutta yksi selittävä tekijä saattaa olla oletetun järvityypin vaihtuessa *Typha-Alisma*-tyypistä (Puro, 1990) *Phragmites*-tyyppiin, jota perustelen järven muuttuneella kasvillisuudella. Ruoko-tyyppisenä järvenä Ormajärveltä osataan odottaa monipuolista lajiston kirjoa. Ormajärvellä on laaja selkävesialue, jossa vesikasvillisuutta ei tavata. Luonnon laskeutusaltat, kuten pohjoispuolella sijaitseva Kynnäröjärvi, vähentävät järvelle saapuvia ravinnekuormia. Veden väri on kirkasta, happamuus on hieman emäksisen puolella ja järven itäranta päättyy harjuun – kaikki nämä ovat normaaleja arvoja sekä tekijöitä *Phragmites*-tyypiselle järvelle. Vuonna 1997 Ormajärvellä vallitsi iso kanta ilmaversoisia vesikasveja, tärkeimpinä järviruoko, järvikorte sekä leveösrankäämi, mutta vuoteen 2017 edetessä on leveösrankäämi vähentynyt noin 60 % aikaisemmasta. Nousu linja jatkui 2017 kartoituksessa muillakin ilmaversoisilla, kuten haara- ja rantapalpakkoa, järvikaislaa, ruokohelpiä, keltakurjenmiekkaa, ranta- ja hapsiluikkaa, saroja sekä

ratamosarpiota. Kelluslehtiset sekä uposkasvillisuus viihtyvät järvellä myös kohtuullisen hyvin. Ormajärvi vaikuttaa olevan täysin linjassa *Phragmites* -botaanisen järvityypin kanssa. Verrattuna tyypilliseen *Typha Alisma* -järvityyppiin on Ormajärvellä esimerkiksi syvämpi näkösyvyys, uposkasvillisuus on laajempi alaista eikä vesi ole sameaa.

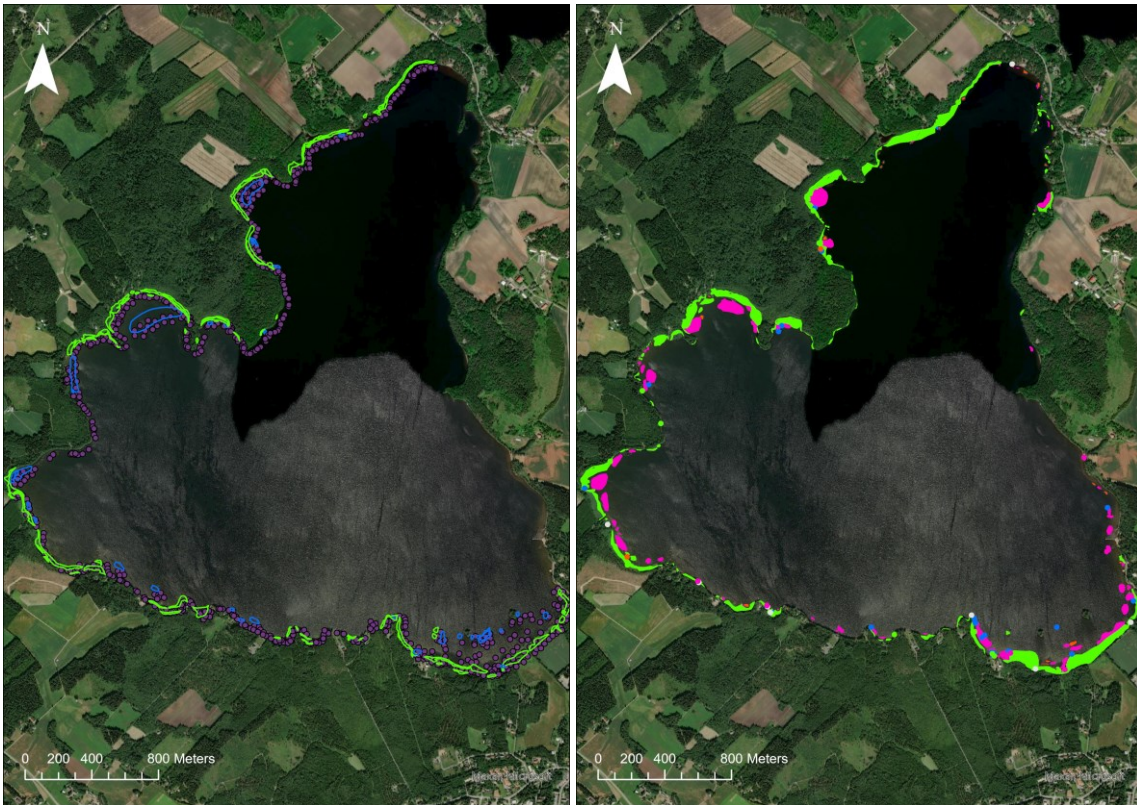
Pinta-alojen realistinen vertailu niin yhden lajin kuin koko järven kasvillisuuden kesken on haastavaa, sillä vuodelta 1990 ei ole hyödynnettävissä paikkatietoaineistoa ja vuoden 1997 paikkatietoaineisto ei ole sellaisessa muodossa, jossa kaikilta kasvilajeilta olisi voinut laskea totuudenmukaisen hehtaarimäärän jättäen vuoden 2017 kartoituksen ainoaksi vuodeksi, jolloin hehtaarimäärien lasku olisi paikkansa pitävää. Tämä tilanne saattaa johtaa lukijaa harhaan, sillä tilastojen mukaan vuonna 1997 vesikasvillisuuden pinta-ala järvellä oli 16,71 ha eli 2,56 % koko järven pinta-alasta ja vuonna 2017 vastaavat luvut olivat 30,03 ha sekä 4,6 %, joiden mukaan kasvillisuus olisi lisääntynyt koko järvellä 2,04 prosenttiyksikköä ja 13,32 hehtaaria. Vaikka tämä ei koko totuus olekaan ei se välttämättä ole kovinkaan kaukana, sillä ne lajit, joilla ei ole ha-merkintöjä vuonna 1997 vallitsevat seuraavan kartoituksen aikaan (vuonna 2017) sängen pienialaisesti tai ovat kadonneet järveltä kokonaan. Muiden vuosien kaikkien lajien hehtaarimäärien puuttuessa ei valitettavasti varmuudella pystytä vetämään suoraa johtopäätöksiä, mutta tämä antaa osviittaa järven lajiston kehitykseen.

Ormajärvellä on tavattu läpi kaikkien kartoitusvuosien meso-eutrofisia oloja suosivaa uposkasvi vesiruttoa, joka on luokiteltu kansallisesti haitalliseksi vieraslajiksi aiheuttaen ravinto- ja elintilakilpailua. Yleensä erityisen herkkiä vesiruton vaikutukselle ovat alkuperäislajit kuten ärviät, mutta positiivinen ilmiö on havaittavissa järvellä, sillä vesirutto on laskenut alaansa noin puolella kahden viimeisen kartoituksen välillä ja samalla kotimainen kalvasärviä nostanut alaansa reilusti syöden pinta-alaa kyseiseltä vieraslajilta. Yleisesti näyttää siltä, että Ormajärvellä pohjan laatu sekä kirkkaat vedet luovat edelleen hyvän kasvualustan niin reheville kuin niukkaravinteisiakin vesiä suosiville lajeille. Vuonna 2017 paikalliset asukkaat ovat kuitenkin ilmaisseet huolensa Ormajoen padon mataluudesta johtuvasta veden keskikorkeuden alhaisuudesta (Karmala, 2017). Näillä havainnoilla on merkitystä vesikasvilajistoon, sillä vedenkorkeuden vaihtelu on yksi tärkeimmistä lajistoa ja kasvien määrävistä tekijöistä. Veden ollessa matalammalla on fotosynteesi mahdollista syvemmällä vedessä, jolloin esimerkiksi pohjaversoiset ja vesisammalet hyötyvät muutoksesta.



Kuvaaja 19. Ormajärven valuma-alueen muutokset vuosina 2000–2018.

Suomen Ympäristökeskuksen CORINE-aineiston (taso 3) mukaan Ormajärven noin 8638 ha kokoisella valuma-alueella on kahdeksaa erilaista maankäytön muotoa: avosuot, harvapuustoiset alueet, havumetsät, järvet, pellot, pienipiirteinen maatalousmosaiikki, sekametsät ja väljästi rakennetut asuinalueet. Näiden määrät ovat heitelleet mittausvuosina, suurimpina muuttujina havu- ja sekametsien suhteet. Havumetsien kasvu vuosien 2000 ja 2018 välisenä aikana alueella oli 64,95 %, kun sekametsät puolestaan laskivat 32,79 %. Muiden maankäytön muotojen arvot ovat pysyneet vuosi vuodelta suhteellisen samankaltaisena, kuten kuvaajasta 19. ja taulukosta 6. nähdään eikä mainittavaa muutosta valuma-alueelle ole havaittavissa. Ormajärven valuma-alueen maankäytön muutokset ovat tuskin vaikuttaneet veden tilaan suurella skaalalla, sillä muutokset valuma-alueella ovat olleet maltillisia. Tilastoista (välillä 1990–2022) voidaan huomata järven värin nousevan erittäin maltillisesti ylöspäin (kuvaaja 16.), joten järven läheisillä hakkuilla on tuskin ollut samentavaa vaikutusta, mutta on mahdollista, että osa lajeista on kärsinyt liiallisesta orgaanisen aineen sedimentaatiosta. Tähän antaa osviittaa myös upos- ja pohjalehtisten väheneminen Ormajärveltä, kuten kuvaajasta 20. voi huomata. On mielenkiintoista huomata, ettei Ormajärveltä ole kadonnut koko tutkimushistorian aikana yhtäkään ranta- tai suokasvia ja tämä elomuoto on noussut läpi tutkimusvuosien voidaan havaita myös taulukosta 3.



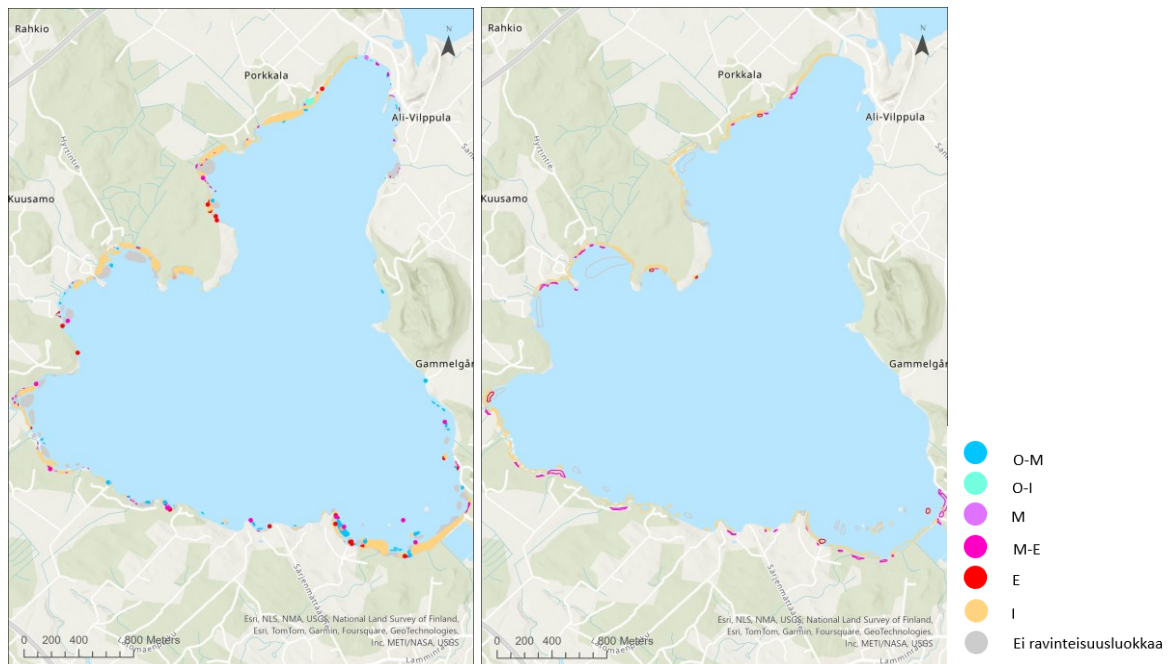
Kuvaaja 20. Vasemmalla Ormajärvi kesällä 1997: vihreällä merkattuna ilmaversoinen kasvillisuus (järviruoko, järvikorte, leveäosmankäämi & *sarat*), sinisellä uposlehtiset (kalvasärviä sekä ahvenvita) ja violetilla järvellä yksittäin havaitut kaikenlaiset elomuodot kattavat lajit (näitä ei ollut eroteltu kartan tekovaiheessa). Oikealla kasvillisuuskartoitus vuodelta 2017: vihreällä ilmaversoinen kasvillisuus (järviruoko, järvikorte, leveäosmankäämi, ratamosarpio, hapsi- ja rantaluikka, *keltakurjenmieikka*, *ruokohelpi*, ranta- ja haarapalpakko & *sarat*), punaisella kelluslehtiset (ulpukka, vesitatar sekä uistin- ja heinävita), sinisellä pohjalehtiset (nuottaruoho), pinkillä uposkasvit (ahven- ja poimuvita, kalvasärviä, ruskoärviä, vesirutto, karvalehti & isonäkinsammal) sekä rantakasvit on merkitty harmaalla (punakoiso, rantayrtti, vihvilä, korpikaisla & joughivihvilä).

Taulukko 3. Elomuotojen lajimäärän suhteellinen osuus kaikista kasvilajeista Ormajärvellä eri vuosina prosentteina.

Elomuodot	1990	1997	2017
1. Irtokellujat, %	3,2	2,6	2,3
2. Irtokeijujat, %	0	5,1	2,3
3. Vesisammalet, %	3,2	0	2,3
4. Uposlehtiset, %	32,3	28,2	18,2
5. Näkinpartaiset, %	3,2	0	2,3
6. Pohjalehtiset, %	16,1	15,4	6,8
7. Kelluslehtiset, %	9,7	10,3	6,8
8. Ilmaversoiset, %	25,8	20,5	25
9. Ranta- ja suokasvit, %	6,5	17,9	34,1
Lajimäärä yhteensä, kpl	31	39	44

Yleisellä tasolla tarkastellessa on ilmassa rehevöitymisen merkkejä vesikasvillisuuden runsastumisena ja lajiston muuttumisena rehevempiä oloja suosivampaan suuntaan. Tilanteen jatkuessa tulee siitä olla huolissaan, ettei vesikasvillisuuden runsastumisen myötä lajisto lopulta yksipuolistu, sillä yllä mainittu järviruoko on jo valtaamassa tilaansa

Ormajärveltä. Rehevöitymisen trendi voidaan myös havaita kuvaajan 21. kartoista, joissa tarkastellaan järven kasvillisuuden elomuotojen kehitystä.



Kuvaaja 21. Ormajärven kasvillisuus ravinteisuusluokkien perusteella, vasemmalla vuosi 2017 ja oikealla vuosi 1997. Karttoja tulkitessa on huomioitava datan poikkeavuus, sillä ainoastaan viimeisimpänä kartoitusvuonna on kaikki lajit merkattu kartalle.

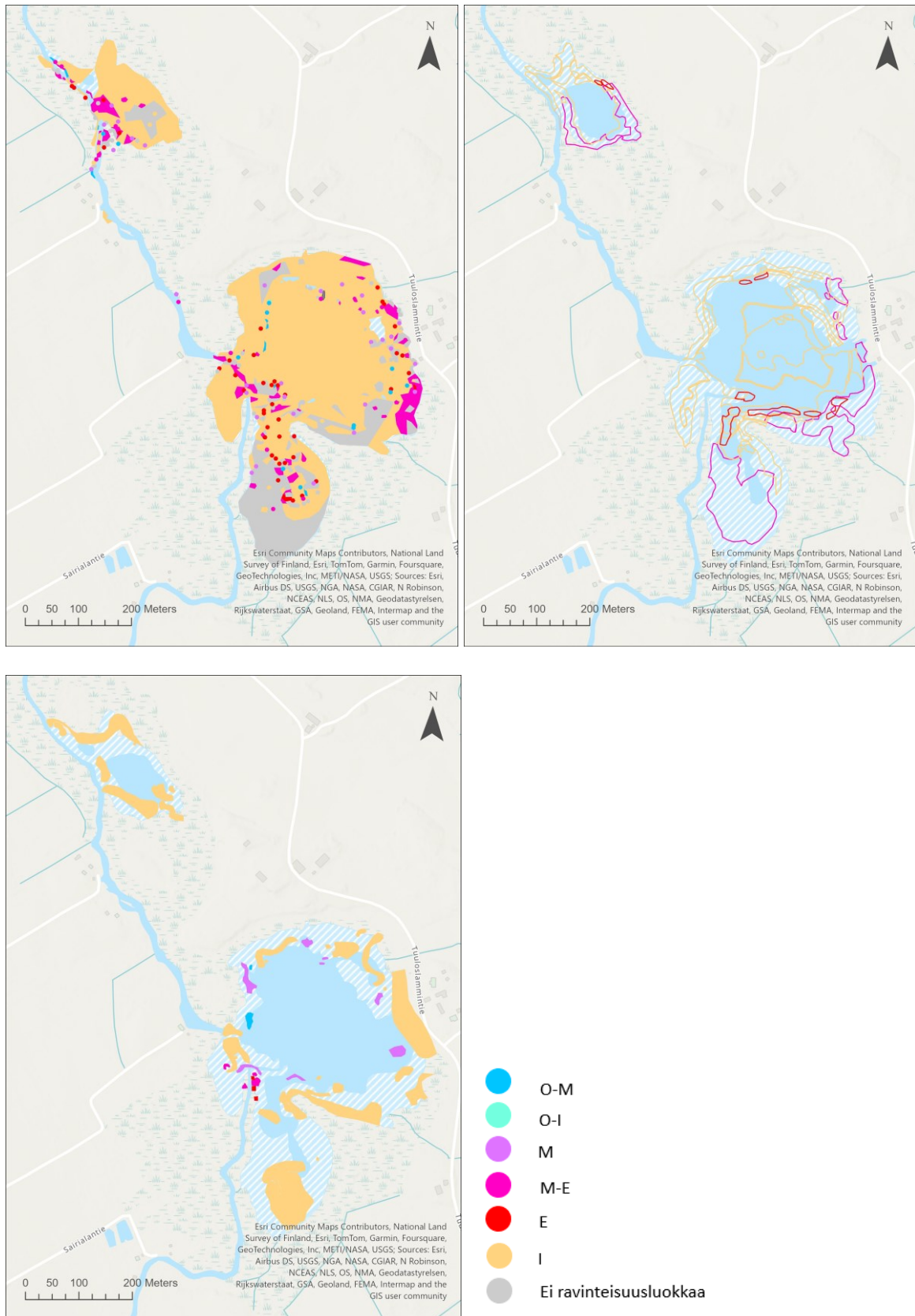
4.3 Tuuloslammet

Jo kesällä 1899 FL Gustav Munsterhjelm kuvaili Tuuloslammeja tavattoman runsaiksi ja vähää vaille umpeen kasvaneiksi lammiksi. Lajirunsaus ei kuitenkaan tuolloin ollut järvillä runsaimmillaan, sillä Helsingin tyttölyseon maan- ja luonnontieteen lehtori löysi ainoastaan 17 eri kasvilajia alueelta. Syynä luontoselvityksen näennäiseen lajiköyhyyteen on saattanut olla joko todellisuus siitä, että lajeja löytyi ainoastaan kyseinen määrä tai käsitteen 'vesikasvi' ymmärtäminen toisin – ehkäpä sen suppeammassa merkityksessä. Täytyy myös muistaa, ettei Munsterhjelm ollut vesikasvillisuuden ammattilaiskartoittaja, vaikka artikkelissaan hän kuvailee hyvinkin yksityiskohtaisesti alueen luontoa ja monipuolisia havaintojaan, sekä esimerkiksi vedenkorkeushavaintoja aina 1700-luvulta saakka.

Tuuloslammien vesikasvilukumäärä vuoden 1899 kartoituksessa oli 17 lajia, kuten liitteiden taulukosta 10. saattaa nähdä. Nämä olivat: järvikorte - *Equisetum fluviatile* (i), ulpukka - *Nuphar lutea* (i), valkolumme - *Nymphaea alba* (i), järvisätkin - *Ranunculus peltatus* ((o)-m), terttualpi - *Lysimachia thyrsoflora*, jokileinikki - *Ranunculus lingua* (m-e), raate - *Menyanthes trifoliata* (o-m), kurjenmieikka - *Iris pseudacorus* (e), vehka - *Calla palustris*, pystykeiholehti - *Sagittaria sagittifolia* (e), ratamosarpio - *Alisma plantago-aquatica* (m-e), ahvenvita - *Potamogeton perfoliatus* (i), rantapalpakko - *Sparganium emersum* (m-e), siimapalpakko - *Sparganium gramineum* (m), järvikaisla - *Schoenoplectus lacustris* (i), sarat - *Carex* spp. sekä järviruoko - *Phragmites australis* (i). Kyseisenä vuonna vallitsevin ravinteisuusryhmä olivat indifferentit, joita löytyi yhteensä kuusi lajia. Seuraavaksi suurimman ryhmän muodostivat meso-eutrofiaa suosivat lajit, ja loput jakautuivat oligo-mesotrofisten, eutrofisten sekä mesotrofisten kesken.

Vuoteen 1997 mennessä lajimäärä oli noussut 30 kappaleeseen. Yhteensä neljä lajia oli kadonnut järveltä kartoitusten välisenä aikana, nämä olivat: valkolumme, järvisätkin, terttualpi sekä siimapalpakko. Kadonneilla lajeilla ei ollut yhtä selkeää nimittäjää ravinteisuusryhmän mukaan, mutta 2/4 lajeista olivat kelluslehtisiä, 1/4 uposlehtisiä ja 1/4 rantakasvi. Tulokaslajeja olivat puolestaan kurjenjalka - *Potentilla palustris* (i), rantakukka - *Lythrum salicaria* (m), myrkkyykeiso - *Cicuta virosa* (m), suoputki - *Peucedanum palustre*, punakoiso - *Solanum dulcamara*, isovesiherne - *Utricularia vulgaris* (i), ristilimaska- *Lemna trisulca* (e), pikkulimaska - *Lemna minor* ((m)-e), kilpukka - *Hydrocharis morsus-ranae* (e), vesirutto - *Elodea canadensis* (e), uistinviita - *Potamogeton natans* (i), purovita - *Potamogeton alpinus* (o-i), pitkälehtivita - *Potamogeton prealongus* (m-e), tylppälehtivita - *Potamogeton obtusifolius* (e), haarapalpakko - *Sparganium erectum* (e), leveäosmankäämi - *Typha latifolia* (m-e) ja sorsansammal - *Ricciocarpos natans* (e). Järvellä uusien lajien keskuudessa ravinteisuusryhmien perusteella selkeän ylivoiman veivät ravinteisia oloja suosivat lajit (6/17), jaetulla toisella sijalla olivat meso-eutrofisia oloja suosivat lajit (3/17) sekä indiffirentit (3/17). Keskiravinteisia oloja suosivat 2/17 ja oligo-indiffirenttejä ainostaan yksi laji uusista tulokkaista. Voidaankin päätellä järven olojen muuttuneen ravinteisempaan suuntaan kasvillisuuden perusteella.

Vuoden 2020 kasvillisuuskartoituksessa lajilukumäärä oli noussut 46 taksoniin. Isovesiherne (i), ristilimaska (e), purovita (o-i), pitkälehtivita (m-e) sekä vieraslaji vesirutto (e) olivat hävinneet Tuuloslammilta sitten vuoden 1997 kartoituksen. Kadonneista lajeista moni edusti joko ravinteisia oloja suosivia lajeja tai kaikenlaisiin oloihin tottuneita. Tästä herää kysymys, onko vesikemiassa tapahtunut muutoksia vai onko kyseisiltä lajeilta vain loppunut elintila järvillä. Järvisätkin ((o)-m) ja terttualpi palasivat takaisin järvelle – näitä havaittiin viimeksi vuonna 1899. Täysin uusia lajeja Tuuloslammille olivat kartoitusvuonna 2020: pohjanlumme - *Nymphaea candida* (i), ruokohelpi - *Phalaris arundinacea* (m-e), rantaluikka - *Eleocharis palustris* (o-(i)), kiehkuraarviä - *Myriophyllum verticillatum* (e), luhtalemmikki - *Myosotis scorpioides* (m), rantayrtti - *Lycopus europaeus* (m-e), ranta-alpi - *Lysimachia vulgaris*, isokierto *Calystegia sepium*, ojasorsimo - *Glyceria fluitans* (m-e), sarjarimpi - *Butomus umbellatus* (e), luhtavuohennokka - *Scutellaria galericulata*, luhtakuusio - *Pedicularis palustris*, karvalehti - *Ceratophyllum demersum* (e), lehtopalsami - *Impatiens noli-tangere*, tummarusokki - *Bidens tripartita*, pikkuvesiherne - *Utricularia minor* (i), kastikat - *Calamagrostis* sp., katkeravesirikko - *Elatine hydropiper* (m-e) sekä isosorsimo - *Glyceria maxima* (e). Järvellä esiintyvien uusien kasvilajien perusteella samanlainen rehevöitymiseen viittaava trendi jatkui myös tuoreimman kartoituksen jäljiltä. Eutrofisia ja mesoeutrofisia oloja suosivien lajien määrä lisääntyi yhteensä kahdeksalla lajilla, indiffirenttien kahdella sekä molempien mesotrofisten ja oligo-indiffirenttien yhdellä lajilla. Rantaluikan (o-i) esiintymistä Tuuloslammilla voi selittää suhteellisen kova pohja sekä matala vesipatsas, laji myös sietää kaikenlaisia oloja, vaikka karuun taittava vesi olisikin sille mielekkäämpää.



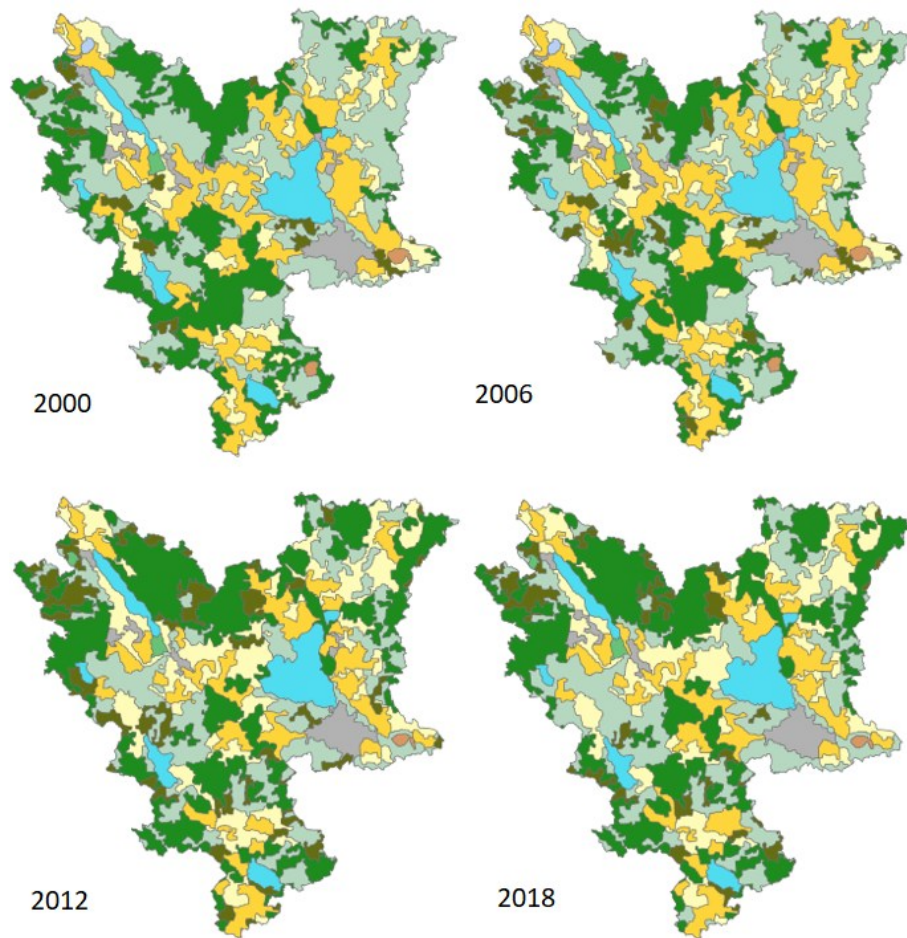
Kuvaaja 22. Tuuloslammienväen kasvillisuusluvut ravinteisuusryhmien perusteella – vuosittain vasemmalla ylhäällä 2020, oikealla ylhäällä 1997 ja vasemmalla alhaalla 1899. Karttoja tulkitessa on huomioitava datan poikkeavuus, sillä ainoastaan viimeisimpänä kartoitusvuonna on kaikki lajit merkattu kartalle.

Kaikkina vuosina on järveltä tavattu kymmenen lajia, jotka ovat: järvikorte, ulpukka, kurjenmiekkä, vehka, pystykeiholehti, ratamosarpio, ahvenvita, järvikaisla, järviruoko sekä sarat. Näiden lajien valossa vaikuttaisi kaikenlaisiin oloihin sekä keskiravinteisiin-rehevöityneisiin järvien oloja suosivat kasvit selviytyvän Tuuloslammilla parhaiten. Tämä on linjassa myös meneillään olevan rehevämpään suuntaan kulkevan trendin kanssa. Sama voidaan havaita kuvaajan 22. kartoista, joista huomataan juuri näiden elomuotojen olevan kaikkina vuosina dominoivimpia.

Järven umpeen kasvaminen on saattanut olla seurausta 1880-luvulla toteutetun järven pinnan laskusta, josta Munsterhjelm jo kirjoitti huolestuneena artikkelissaan 1800-luvulta (Mäkelä & Huitu, 2001), mutta rehevöitymisellä on todennäköisesti osansa 2020 luvun tilanteeseen. Vedenlaatutietoja Tuuloslammilta on mitattu ainoastaan kerran vuonna 2011 Ylinen Tuuloslammen puolelta, joten vedenlaatuanalyysiä suhteessa vesikasvillisuuden muutoksiin on mahdotonta suorittaa. Kyseisen vuoden kokonaistyyppi ja -fosfori ovat olleet korkealla, 670 µg/l ja 38 µg/l, joka voi selittää lajikirjon kasvua. Sen lisäksi, vesikasvillisuudenkehitys Tuuloslammilla näyttää liikkuneen tiheämpään suuntaan, sillä selkeä avovesialue on käytännössä kadonnut kelluslehtisten lajien tieltä, kuten huomataan vertailemalla kuvaajista 25., 26. ja 27. Järvelle levinneiden uusien lajien trendi on myös selkeästi rehevämpään suuntaan, eikä Tuuloslammien lajilistalla ei ole viimeiseen 120 vuoteen ollut ainuttakaan puhtaasti karuja vesiä suosivia lajeja ja aikojen saatossa löytynyt ainoastaan viisi lajia, jotka viihtyvät edes osittain karuissa oloissa: järvisätkin, raate, purovita, terttualpi sekä rantaluikka. Purovita ja järvisätkin uposlehtisinä lajeina viihtyvät virtaavissa suht kirkkaissa vesissä, joka voi selittää näiden esiintymistä Tuuloslammilla. Syynä raatteen viihtymiseen järvellä puolestaan saattaa selittää sen ojituksien vuoksi supistuneet kasvupaikkansa, sen suosissa pieniä umpeen kasvavien lammikoiden laitamia, jollaisia Ylinen ja Alinen Tuuloslammi nimenomaan ovat.

Vaikka järvien kasvillisuuden lukumäärät ovat huomattavasti nousseet, on osa lajeista ajan kuluessa joutunut väistymään. Tuuloslammien kohdalla lumpeen paikalliseen lajikatoon sekä järvikortteen rajuun laskuun on osasyynä saattanut vaikuttaa alueella ainakin vuosituhannen taitteessa vaikuttaneen vieraslaji piisamin elinvoimainen kanta tai vaihtoehtoisesti alueella ruokailevat linnut kuten joutsenet, joiden herkkua erityisesti järvikorte on. Myös muiden ruohojen vähenemisen ja jojoilun syynä on voinut olla muutokset piisamien ja suurten lintujen kannoissa. Kuitenkin viimeisimmässä kartoituksessa on löydetty aikaisempaa enemmän järvikaislaa, joka on tämäkin piisamien ruokalistalla. On mahdollista, että piisamikannat ovat vuoden 2020 kartoitukseen mennessä laskeneet tai jopa kadonneet järveltä – tai kortteen reilusti vähentyessä on se saattanut antaa tilaa järvikaislalle ja järviruo'olle.

Kansallisesti haitalliseksi säädelty vieraslaji vesiruttoa tavattiin Tuuloslammilta ainoastaan vuonna 1997. Tämän katoamiseen on saattanut vaikuttaa vesiruton vakiintuminen ja vähittäinen häviäminen, joka voi tapahtua kaikille muillekin lajeille. Vesiruton olessa kyseessä massaesiintymien sen ilmestyminen ja katoaminen on suhteellisen normaalia. Vakiintuneita vieraslajeja isokiertoa (2 pistettä kartalla) ja isosorsimoa (10-pistemerkintää kartalla) on havaittu Tuuloslammilta vuoden 2020 kasvillisuuskartoituksessa. Lajit on merkattu kartoituskarttaan pistetiedostoina, joten laajoista vyöhykkeistä ei ainakaan tässä kohtaa ole kyse. Molemmat lajit ovat kuitenkin erittäin taitavia ja aggressiivisia valloittamaan tilaa muilta lajeilta, joten jos uusi kartoitus tehtäisiin nyt, saattaisi tilanne olla jo täysin toinen.



Kuvaaja 23. Tuuloslammiin valuma-alueen muutokset vuosina 2000–2018.

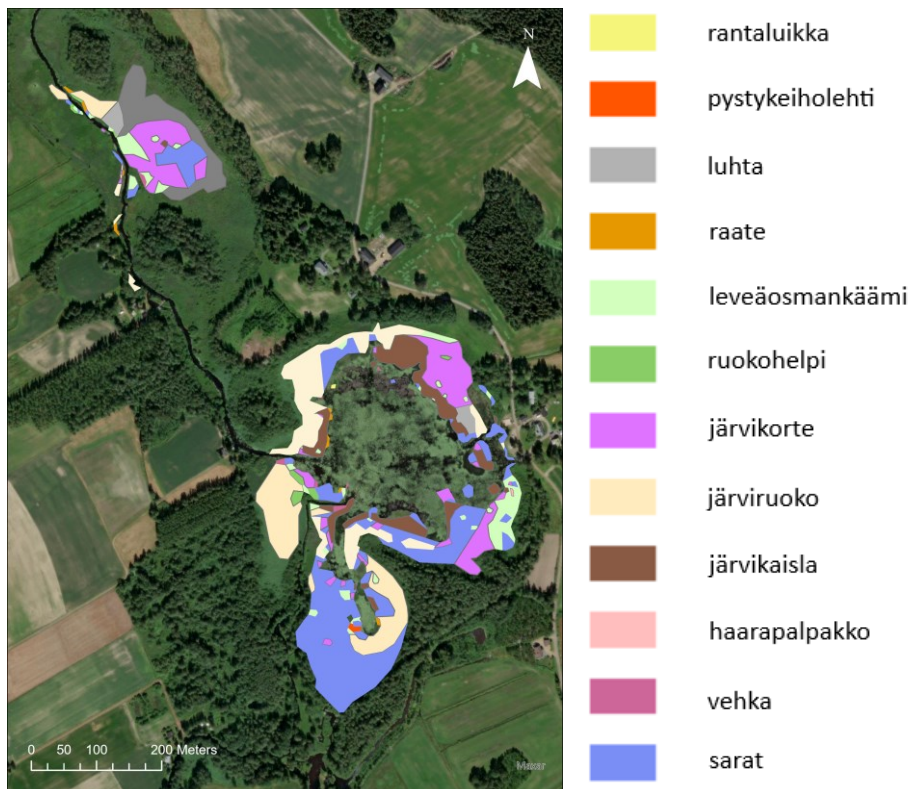
Tuuloslammiin valuma-alueen laajuus on noin 19 159 ha. Sitä on tarkasteltu SCALGO-ohjelmiston data-analyysin sekä SYKEN tuottaman CORINE-aineiston perusteella. Aineiston mukaan Tuuloslammeilta löytyi kymmenen erilaista maankäyttömuotoa: avosuot, harvapuustoiset alueet, havumetsät, järvet, lehtimetsät, pellot, pienipiirteinen maatalousmosaiikki, sekametsät, sisämaan kosteikot ja väljästi rakennetut asuinalueet. Muutoksia 18 vuoden aikajaksolla on valuma-alueella tapahtunut, erityisesti sekametsien, havumetsien, harvapuustoisten alueiden, peltojen sekä pienipiirteisen maatalousmosaiikin suhteen. Alueella sijainnut sisämaan kosteikko katosi kokonaan vuosien 2006 ja 2012 välisenä aikana. Tuuloslammiin ympäristö koostuu *Typha Alisma* -tyypille tyypilliseen tapaan viljavista peltomaista. Järvet ovat kuitenkin rehevyydestään huolimatta kirkkaita ja uposkasveja tavaan sangen laaja-alaisesti, myös irtokeijujia- sekä kelluvia tavataan järviltä. Tämä voidaan myös todeta kuvaajista 23. sekä taulukosta 7., joista nähdään, että Tuuloslammiin valuma-alueella on runsaasti maatalous- ja peltomaata sekä metsää.

Järvillä on laaja elokirjojen kattaus, mutta koko tutkimushistoriassa on järveltä havaittu ainoastaan kerran pohjalehtisiä. Vuonna 2020 havaittiin katkeravesirikkoa, joka viihtyy ravinteikkailla paikoilla. On kuitenkin mahdollista, ettei tätä ole ennen vain satuttu huomaamaan, sillä kulkeminen Tuuloslammiin ilman kahluuhousuja on hankalaa ja vuonna 1997 järvet kartoitettiin ainoastaan kanooteista käsin. Ylinen Tuuloslammiin eteläpäässä on labyrinttimäinen rakenne, jossa voi mahdollisesti olla lisää niin pohjalehtisiä, uposkasveja tai muita vedenalaisia elomuotoja, mutta kartoituksia tehdessä ei tänne ole päässyt

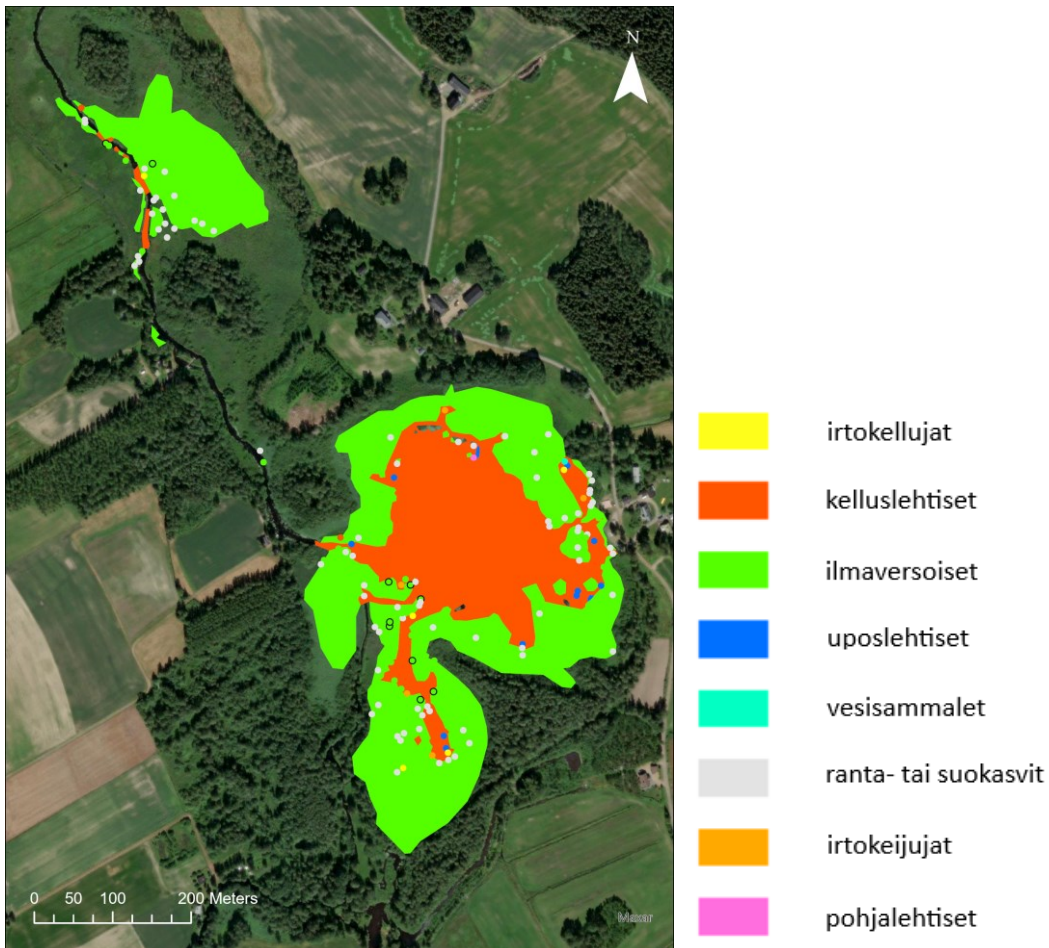
veneitse. Kuvaajasta 24. on ilmeistä kuinka tiheää jo pelkästään Tuuloslammien ilmaversoisten kasvien osuus on. Tämäkin kuvastaa kuinka kosteikkomaisia Ylinen ja Alinen Tuuloslammi oikein ovatkaan ja taulukosta 4. ilmenevä värikäs kattaus eri elomuotoja vain korostaa tätä. Etenevä trendi Tuuloslammien vesikasvillisuudessa vaikuttaa tähän jatkossakin, sillä nykyine vesikasvillisuuden runsastuminen erityisesti ravinteikkaita oloja suosivien lajien osalta tulee todennäköisesti pitämään järvet kosteikkomaisina. On mahdollista, että ilmastonmuutos kiihdyttää tutkimuksen järvistä eniten Tuuloslammia, sillä niiden altaat ovat matalat ja pienet.

Taulukko 4. Elomuotojen eri lajien suhteellinen osuus kaikista kasvilajeista Tuuloslammilla eri vuosina prosentteina.

Elomuodot	1899	1997	2020
1. Irtokellujat, %	0	3,3	2,2
2. Irtokeijujat, %	0	6,7	4,3
3. Vesisammalet, %	0	3,3	2,2
4. Uposlehtiset, %	11,8	16,7	8,7
5. Näkinpartaiset, %	0	0	0
6. Pohjalehtiset, %	0	0	2,1
7. Kelluslehtiset, %	17,6	6,7	8,7
8. Ilmaversoiset, %	47,1	33,3	28,3
9. Ranta- ja suokasvit, %	23,5	30	43,5
Lajimäärä yhteensä, kpl	17	30	46



Kuvaaja 24. Tuuloslammien ilmaversoiset kasvit kesällä 2020.

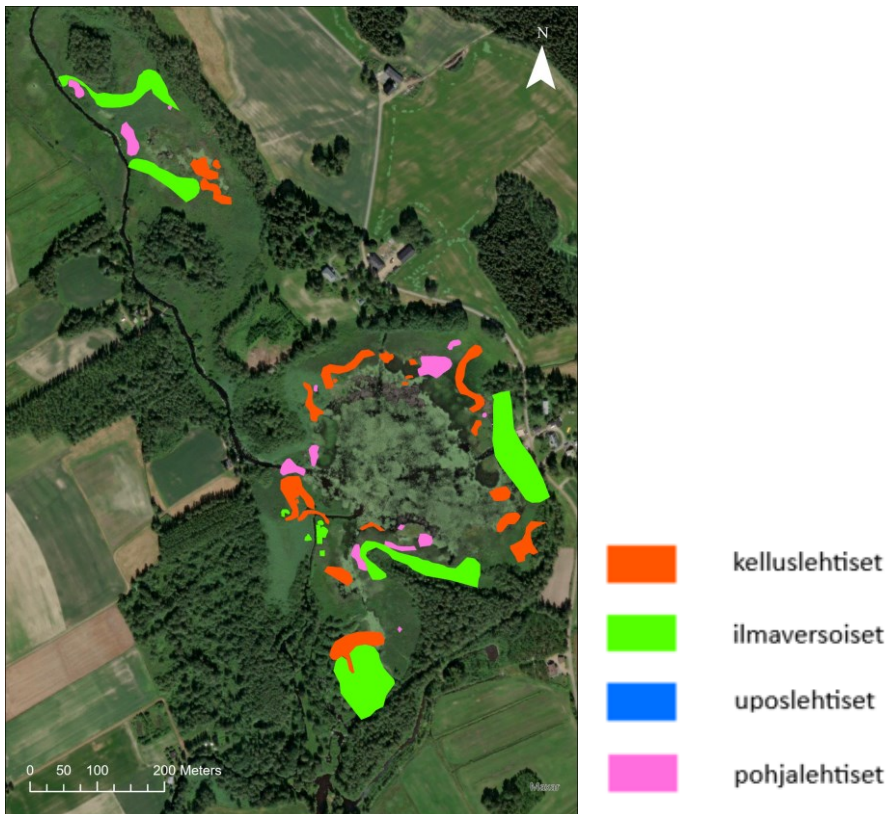


Kuvaaja 25. Tuuloslammit elomuotojen perusteella kesällä 2020. Mustalla ympyröidyt ilmaversoiset ovat vieraslaji isosorsimoa.



Kuvaaja 26. Tuuloslammit kesällä 1997. Vihreillä viivoilla on merkitty ilmaversoiset (haarapalpakko, järvikaisla, järvikorte, järviruoko, leveösmanikämi & sarat) ja punaisella puolestaan kelluslehtiset

(ulpukka). Muita kasvilajeja ei kartta-aineistoon ollut merkattu. Järvet ovat käytännössä jo tässä vaiheessa umpeenkasvanneet.



Kuvaaja 27. Tuuloslammit kesällä 1899 elomuodoittain. Pinkillä uposlehtiset (ahvenvita ja järvisätkin), vihreällä ilmaversoiset (jokileinikki, järvikorte, järviruoko, kurjenmieikka sekä rantapalpakko) ja punaisella kelluslehtiset (lumme, siimapalpakko ja ulpukka).

5 Johtopäätökset

Tutkimuksen järvien kesken ei ole löytynyt yhtä monotonista trendiä, jota kaikki järvet seuraisivat. On kuitenkin mielenkiintoista huomata Ormajärven ja Tuuloslammien noudattavan tietynlaista kaavaa, kun Alinen Rautjärvi puolestaan kulkee erilaista polkua. Alinen Rautjärvi sijaitsee omalla haarallaan matkalla Hauhonselälle suhteessa Ormajärveen sekä Tuuloslammiin, jotka sijaitsevat toisella yhteisellä haaralla. Oli myös kiinnostavaa huomata Alinen Rautjärven ravinteisuuden olevan laskusuuntainen kuin myös sen kasvilajien lukumäärän. Puolestaan Ormajärvi ja Tuuloslammit, jotka sijaitsevat samalla haaralla ovat rehevöitymisen suhteen nousemaan päin ja näiden lajimäärät ovat ajan saatossa kohonneet huomattavasti.

Lajilukumäärän kehityksen suhteen Alinen Rautjärvellä on tapahtunut kokonaismäärässä yhden lajin lasku ja voidaan todeta järvellä tapahtuneen muutos kasvillisuuden näkökulmasta vähäravinteisempaan suuntaan. Ormajärven ja Tuuloslammien suhteen yleisellä tasolla tarkastellessa on ilmassa rehevöitymisen merkkejä vesikasvillisuuden runsastumisena ja lajiston muuttumisena rehevempiä oloja suosivampaan suuntaan. Tilanteen jatkuessa tulee siitä olla huolissaan, ettei vesikasvillisuuden runsastumisen myötä lajisto lopulta yksipuolistu, sillä tietyt lajit, kuten järviruoko tai ulpukka ovat jo kiristämässä otettaan. Pinta-alalla ei kuitenkaan tunnu olevan suoraa vaikutusta lajimäärän kasvuun,

nimittäin Ormajärvellä (653 ha) ja Tuuloslammilla (15 ha) on erittäin suuri koko ero ja molemmilla tapahtui huomattavaa kasvua. Alinen Rautjärvellä suunta oli päinvastainen, kasvillisuuden ja vesikemian antaen osviittaa hienoisesta karuuntumisesta. Vieraslajien suhteen Alinen Rautjärvi eroaa taas muihin järviin, sillä sieltä ei ole löytynyt tutkimuksien aikana lainkaan vieraslajeja. Tuuloslammilla havaittiin vuonna 1997 vesiruttoa, joka sittemmin kuitenkin katosi – vuoteen 2020 mennessä oli järvelle ilmestynyt niin isosorsimoa kuin isokiertoa. Ormajärveltä on tavattu kaikkina kartoitusvuosina vesiruttoa.

Yksi yhteinen trendi kaikilta järviltä löytyi: järviruoko, järvikaisla, ulpukka ja sarat ovat kasvattaneet alaansa kaikilla järvillä tutkimuksen aikaisina vuosina monien hehtaarien verran. Näiden kaikenlaisissa oloissa viihtyvien kasvien nousu on ongelmallista, sillä ne muun muassa vievät elintilaa muilta kasveilta ja umpeuttavat rantoja. Muina yhteisinä tulevaisuuden uhkakuvina järvillä voidaan pitää ilmastonmuutoksen, lajikadon ja vieraslajien tuomia haasteita. Vaikka todettakoon, että tähän mennessä kaikki tutkimuksen järvet ovat selviytyneet kohtuullisen hyvin muutoksistaan. Monet matalat ja pienet järvet ovat arkoja ihmisten aiheuttamille ympäristönmuutoksille, joka myös saattaa ne alttiiksi tulevaisuudessa kesän kuivuuskausien vaikutuksille. Muutokset ilmastossa ja vesikemiassa saattavat aiheuttaa lisää rehevöitymistä ja sen mukana lajisto saattaa lopulta yksipuolistua. Tulevaisuus saattaa tuoda paljon muutoksia etelähämäläisille järville niin luontaisen liikehdinnän kuin ulkopuolisten tekijöiden osalta.

Suomalainen järviluonto on monien asioiden summa ja synnynnäisesti jatkuvasti hienoisessa muutoksessa – voisiko myös olla niin, että luontainen leviäminen sekä kasvilajiston vakiintuminen on edelleen kesken. Oli asia niin tai näin on varmaa, että lajisto kaikilla järvillä tulee muuttumaan, jos ennustetut ilmastokenaariot käyvät toteen. On myös muistettava vesikasvien funktio osana ravintoketjua sekä elinympäristöä, eikä nähdä niitä ainoastaan ihmisten hyödykkeinä tai harmeina.

6 Mahdolliset virheet

Opinnäytetyön luonteen takia mahdollisia virhelähteitä työssä on monia. Pitkän aikavälin analyysiä on mahdotonta suorittaa ilman historiallista aineistoa, joka on kerätty vuosikymmenten aikana sekä eri henkilöiden toimesta. Näin ollen datan keräämis- ja käsittelytilanteessa on aikaisemmin saatettu toimia toisin, joka on johtanut potentiaalisiin virheisiin tutkimuksessa. Historiallista aineistoa käsitellessä on huomioitava myös oman aikansa sanasto ja kasvit ovatkin saattaneet muuttaa ajan saatossa niin yleisesti tunnettuja kuin tieteellisiä nimiään. Nykyaikaiset DNA-tutkimukset ovat antaneet paljon uutta tietoa, joiden perusteella lajit ovat saattaneet muuttaa paikkaansa myös taksonomisessa luokittelussa.

Kasvillisuuskartoitusten aikana saattaa tapahtua virheitä myös kokeneiden ammattilaisten käsissä, esimerkiksi silloin, kun lajeja listataan ensin käsin kartalle ja siitä digitoiden paikkatieto-ohjelmaan. Tosin vaikka kasvillisuus saatettaisiinkin merkata hitusen vääriin kohtaan ei tällä välttämättä ole suuria vaikutuksia tuloksiin, kunhan näiden volyyymi pysyy oikeissa suhteissa ja lajit ovat kutakuinkin oikeilla paikoilla. Onhan mahdollista myös, että kartoitusten aikana lajeja erehdyksissä arvioidaan vääriksi lajeiksi. Osa vesikasvilajeista on hankala tunnistaa, erityisesti niiden tietyissä kehitysvaiheissa. Tiettyjen lajiryhmien on myös mahdollista risteytyä herkästi keskenään, joka hankaloittaa tunnistamista entisestään, tällaisia lajeja voivat olla muun muassa palpakot tai lumpeet. Toisinaan järvet

tai niiden osat saattavat olla niin tiheästi kasvillisuuden peitossa, että kaikkien osien kartoittaminen on hankalaa – näin luonnollisesti ei päästä täyteen totuuteen. Tästä huolimatta antaa tällainen kartoitusmetodi yleiskuvan järven kasvillisuuden tilasta.

Myös paikkatietoaineistojen käsittelyssä ja tiedostojen muokkailuun liittyy aina riskinsä. Suurin osa aineistosta oli niin vanhaa, ettei ArcGIS Pro suostunut pyörittämään tiedostoja tai löytämään näiden oikeita koordinaatiokaistoja. Muutamaa kasvillisuuskartoitusta jouduttiin manuaalisesti manipuloimaan, jotta kasvillisuus juurtui omille paikoilleen ja yksi jouduttiin manuaalisesti piirtämään paperisen kartan pohjalta. Näitä ei kuitenkaan suoritettu monia ja oikeiden alueiden hahmotus oli erittäin helppoa järven rantaviivoja mukailleen.

7 Lähteet

- Ahlroth, P. (2015). Vesien tila parantunut - mitä kuuluu monimuotoisuudelle? *Aquarius*, ss. 4-7.
- Airaksinen, O.;& Karttunen, K. (2001). *Natura 2000 -luontotyyppiopas*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- BirdLife Suomi. (ei pvm). *Laulujoutsenta ei tule metsästä*. Noudettu osoitteesta BirdLife Suomi: <https://www.birdlife.fi/suojelu/vaikuttaminen/metsastys/laulujoutsen/>
- Blom, J. (4. Syyskuu 2023). *Tällainen on haitallisten vieraslajien tilanne Suomessa*. Noudettu osoitteesta YLE: <https://yle.fi/a/74-20048395>
- CaBA. (2018). *Biodiversity Pack Habitat Guide LAKES*. Noudettu osoitteesta Catchment Based Approach: <https://catchmentbasedapproach.org/wp-content/uploads/2018/09/CaBA-Biodiversity-Pack-Lakes.pdf>
- Davidson, T.;Audet, J.;Jeppesen, E.;Landkildehus, F.;Lauridsen, T.;Sondergaard, M.;& Syväranta, J. (2018). Synergy between nutrients and warming enhances methane ebullition from experimental lakes. *Nature Climate Change*, 156-160.
- Eloranta, P. (1992). *Vesikasvien tuntemus ja ekologia. Opintomoniste vesimakrofyyttien syventävän tuntemuksen opiskeluun*. Helsingin yliopiston limnologian ja ympäristönsuojelun laitos / limnologian osasto.
- ELY-keskus. (2021). *12.4 Hydrologis-morfologinen tila*. Noudettu osoitteesta eTPO - Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022-2027: <https://www.etpo.fi/hame/osa-3-pintavedet/12/12-4/>
- Euroopan komissio. (4. Lokakuu 2023). *Water Framework Directive*. Noudettu osoitteesta Energia, ilmastonmuutos ja ympäristö - Euroopan komissio: https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_fi
- European Environment Agency. (23. Marraskuu 2020). *Ilmastonmuutos aiheuttaa yhä enemmän vakavia riskejä ekosysteemeille, ihmisten terveydelle ja taloudelle Euroopassa*. Noudettu osoitteesta European Environment Agency: <https://www.eea.europa.eu/fi/highlights/ilmastonmuutos-aiheuttaa-yha-enemman-vakavia>
- Geologian tutkimuslaitos. (2023). *Haku- ja latauspalvelu Hakku*. Noudettu osoitteesta Geologian tutkimuslaitos: <https://hakku.gtk.fi/>
- Hansen, J. P.;& Snickars, M. (2014). Applying macrophyte community indicators to assess anthropogenic pressures on shallow soft bottoms. *Hydrobiologia*, 171-189.
- Havas, P.;Meriläinen, J.;Haukioja, E.;Häyrinen, U.;Leinonen, M.;Meriläinen, J.;. . . Ruuhijärvi, R. (1981). *Suomen Luonto 4 Vedet*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Hyyppölä, R.;Saarela, P.;& Järvinen, M. (ei pvm). *Bidiversiteetti - Johdatus biologian opetukseen -opetusmateriaali*. Noudettu osoitteesta AAKE-hanke, Helsingin

- Yliopisto: <https://blogs.helsinki.fi/aakehanke/files/2018/04/Biodiversiteetti.pdf>
- Ilmarinen, K. (2007). Makrofytytien käyttö veden laadun indikoinnissa EU:n vesipuitedirektiivin toteutuksessa : eri tutkimusmenetelmien soveltuvuus. *Helsingin yliopisto*.
- Jutila, H. (2009). *Tuuloksen luonto-opas. – Hämeenlinnan ympäristöjulkaisuja 4.* . Tuulos-Seura ry.
- Järvi-Meri Wiki. (24. Kesäkuu 2014). *Ormajärvi (35.792.1.001)*. Noudettu osoitteesta Järvi-Meri Wiki: [https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ormaj%C3%A4rvi_\(35.792.1.001\)?setskin=meiko](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ormaj%C3%A4rvi_(35.792.1.001)?setskin=meiko)
- Järvi-meriwiki. (24. Kesäkuu 2014). *Ormajärvi (35.792.1.001)*. Noudettu osoitteesta Järvi-Meri Wiki: [https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ormaj%C3%A4rvi_\(35.792.1.001\)](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Ormaj%C3%A4rvi_(35.792.1.001))
- Kanninen, A. (19. Helmikuu 2019). *Kaukokartoituksella tehokkaasti tietoa järvien kasvillisuudesta (Pohjois-Savo)*. Noudettu osoitteesta Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus: https://www.ely-keskus.fi/uutiset-2019/-/asset_publisher/zLV23p6BEOJa/content/kaukokartoituksella-tehokkaasti-tietoa-jarvien-kasvillisuudesta-pohjois-savo-
- Karlsson, A. (25. Heinäkuu 2016). Rantaveden kasvillisuudesta voi päätellä, mitä järvelle kuuluu. *Suomen Luonto*.
- Karmala, L. (8. Syyskuu 2017). Pro Ormajärvi aloittelee työtään. *Kaupunkiutiset*.
- Kasurinen, R. (10. Heinäkuu 2018). *Laulujoutsenia on Suomessa jo lähes yhtä paljon kuin hirviä – "Suojelun purkamiseen on pitkä matka"*. Noudettu osoitteesta YLE: <https://yle.fi/a/3-10296540>
- Kentala, J. (2013). *Järvien vesikasvilajiston betadiversiteettiä määrittävät tekijät ja niiden riippuvuus tutkimusyksikön koosta, Pro gradu –tutkielma*. Jyväskylän yliopisto.
- Ketola, M. (2020). *Vesikasvit ja rannanhoito*. Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö.
- Laita, M.;Tarvainen, A.;Mäkelä, A.;Sammalkorpi, I.;Kemppainen, E.;& Laitinen, L. (2007). *Uposkasvien runsastumisesta 2000-luvun alussa*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Lammi, A.;Kokko, A.;Kuoppala, M.;Aroviita, J.;Ilmonen, J.;Karonen, M.;. . . Vuori, K. (2018). *Sisävedet ja rannat*. Suomen ympäristö.
- Lammi, E.;& Vauhkonen, M. (2018). *Lammin Ormajärven hoito- ja käyttösuunnitelma*. Ympäristösuunnittelu Enviro.
- Leka, Jarkko; Toivonen, Heikki; Leikola, Niko; Hellsten, Seppo. (2008). *Vesikasvit Suomen järvien tilan ilmentäjinä*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- LuontoPortti. (2021). *Laulujoutsen Cygnus cygnus*. Noudettu osoitteesta LuontoPortti: <https://luontoportti.com/t/619/laulujoutsen>

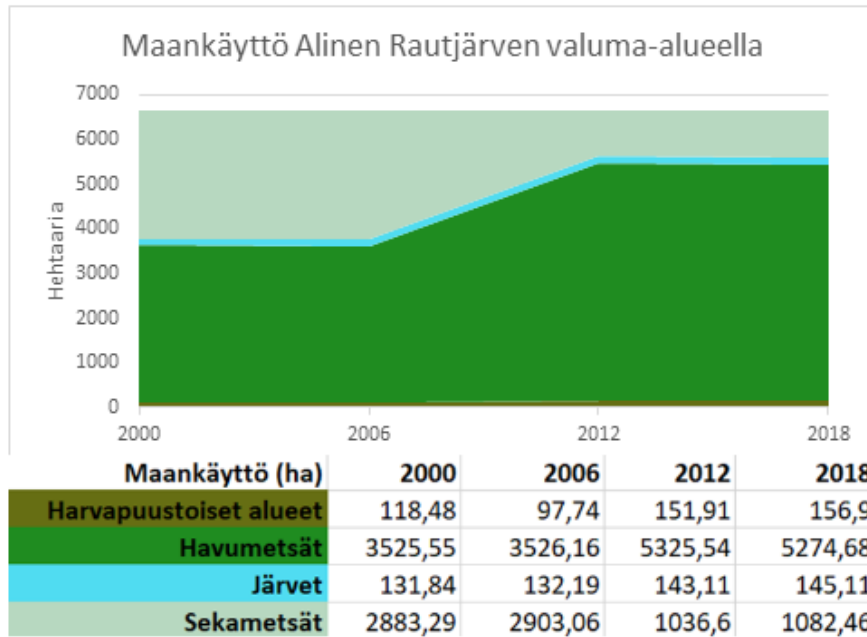
- LUVY. (2005). *Vesikasvillisuuskurssi*. Noudettu osoitteesta LUVY:
<https://www.luvy.fi/wp-content/uploads/Vesikasvikurssi.pdf>
- Metsähallitus. (ei pvm). *Natura 2000 -alueiden verkosto suojelee luontotyyppejä ja lajeja*. Noudettu osoitteesta Metsähallitus: <https://www.metsa.fi/maat-ja-vedet/suojelualueet/natura-2000-alueet/>
- Mäkelä, H.;Horppila, P.;Hulkko, H.-M.;Kaskenpää, M.;Kolari, M.;Laine, E.;. . . Siiro, P. (2022). *Vesien tila hyväksi yhdessä, Hämeen vesienhoidon toimenpideohjelma vuosille 2022-2027*. Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.
- Mäkelä, S.;& Huitu, E. (1/2001). Tuuloslammet – havaintoja vesikasvillisuuden muutoksista sadan vuoden aikana. *Lutukka*, ss. 3-8.
- Niinimäki, J.;& Penttinen, K. (2014). *Vesienhoidon ekologiaa: ravintoverkkokunnostus*. Helsinki: Books on Demand GmbH.
- Nummi, Petri. (2017). *Piisami Ondatra zibethicus*. Hämtat från Vieraslajit.fi:
<https://vieraslajit.fi/lajit/MX.48537>
- Opetushallitus. (2023). *4. Kasvit sopeutuvat eri olosuhteisiin*. Hämtat från Biologia 7–9:
<https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/biologia-7-9-opettajan-opas/elama-ja-evoluutio/elama-ja-evoluutio-2/4-kasvit>
- Paikkatietoikkuna. (2023). *Historialliset ilmakuvat*. Noudettu osoitteesta Paikkatietoikkuna: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- Pajunen, H. (2004). *JÄRVI SEDIMENTIT KUIVA-AINEEN JA HIILEN VARASTONA*.
- Piirainen, M., Blomster, J., Enroth, J., Jutila, H., Leskinen, E., Lommi, S., . . . Väre, H. (2009). *Kasvit 4*. Porvoo: Weiling+Göös Oy.
- Puro, A. (1990). *Ormajärven vesi- ja rantakasvillisuus*. Lammin biologinen asema - Palvelututkimusyksikkö.
- Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö. (4. Elokuu 2023). *Haastattelussa Leena Nurminen: Vesikasvien olemassaolon oikeutus*. Noudettu osoitteesta Päijät-Hämeen Vesijärvisäätiö: <https://www.vesijarvi.fi/2023/08/04/haastattelussa-leena-nurminen-vesikasvien-olemassaolon-oikeutus/>
- Sarvilinna, A.;& Sammalkorpi, I. (2010). *Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito*. Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Suomen ympäristökeskus. (2010). *Suomen sisävesien tulvevaisuus*. Noudettu osoitteesta Ilmasto-opas.fi: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-sisavesien-tulvevaisuus>
- Suomen ympäristökeskus. (2012). *Corine maanpeite 2012*. Hämtat från Suomen ympäristökeskus: <https://ckan.ymparisto.fi/dataset/%7B66D9A881-EE3C-42AD-9416-014EA6B84D23%7D>
- Suomen ympäristökeskus. (27. Elokuu 2019). *Suomen vesien tila-arvio: Järvien ja jokien tila pääosin ennallaan, rannikkovesien tila heikentynyt*. Noudettu osoitteesta Suomen ympäristökeskus: [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie\(51384](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Suomen_vesien_tilaarvio_Jarvien_ja_jokie(51384)

- Suomen ympäristökeskus. (7. Kesäkuu 2022). *Vesien ekologinen ja kemiallinen tila*. Noudettu osoitteesta VESI.fi: <https://www.vesi.fi/vesitieto/vesien-ekologinen-ja-kemiallinen-tila/>
- Suomen ympäristökeskus. (den 7 Kesäkuu 2022). *Vesien ekologinen ja kemiallinen tila*. Hämtat från VESI.fi: <https://www.vesi.fi/vesitieto/vesien-ekologinen-ja-kemiallinen-tila/>
- Suomen ympäristökeskus. (19. Lokakuu 2023). *Ilmastonmuutos näkyy jo Suomen luonnossa*. Noudettu osoitteesta Ympäristö.fi: <https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/ilmastonmuutos/ilmastonmuutos-etenee>
- Suomen ympäristökeskus. (24. Maaliskuu 2023). *Sisävesien ekologinen tila enimmäkseen hyvä*. Noudettu osoitteesta Ympäristö.fi: <https://www.ymparisto.fi/fi/ympariston-tila/vesi/sisavesien-ekologinen-tila>
- Suomen ympäristökeskus. (ei pvm). *Alinen Rautjärvi (35.787.1.021)*. Noudettu osoitteesta Järvi-Meri Wiki: [https://www.jarviwiki.fi/wiki/Alinen_Rautj%C3%A4rvi_\(35.787.1.021](https://www.jarviwiki.fi/wiki/Alinen_Rautj%C3%A4rvi_(35.787.1.021)
- Suomen Ympäristökeskus. (ei pvm). *Alinen Rautjärvi 1*. Noudettu osoitteesta Ympäristöhallinnon tietojärjestelmät / Vedenlaatu: <https://www.wp2.ymparisto.fi/vesla/SiteInfo.aspx?PaikkaId=1875>
- Suomen ympäristökeskus. (ei pvm). *Suomen sisävesien tulevaisuus*. Noudettu osoitteesta Ilmasto-opas.fi: <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/suomen-sisavesien-tulevaisuus>
- SYKE. (2011). *Ylinen Tuuloslammi, keskiosa*. Noudettu osoitteesta Ympäristöhallinnon tietojärjestelmät / Vedenlaatu: <https://www.wp2.ymparisto.fi/vesla/SiteInfo.aspx?PaikkaId=85045>
- SYKE, ELY. (2023). *Pintavesien tila*. Noudettu osoitteesta VESI.fi: <https://www.vesi.fi/karttapalvelu/?shortlink=8124&theme=pintavesientila>
- Tallinen, P. (15. Kesäkuu 2020). *Ilmastonmuutoksen vaikutus Suomen luontoon esimerkkiympäristössä. Lisäselvitys: järvet ja virtavedet*. Noudettu osoitteesta WWF Finland: https://wwf.fi/app/uploads/8/c/8/o8ha6o9tbw9x7xufv09gbi/ilmastonmuutos_ja_jarvet_selvitys.pdf
- Tieteen termipankki. (21. Elokuu 2023). *Nimitys: Makrofytyt*. Noudettu osoitteesta Tieteen termipankki: <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:makrofytyt>
- Toivonen, H.;& Leivo, A. (2001). *Kasvilisuskartoituksessa käytettävä kasvillisuus- ja kasvupaikkaluokitus. Kokeiluversio*. Vantaa: Metsähallitus.
- Vallinkoski, V.-M.;Kanninen, A.;Leka, J.;& Ilvonen, R. (2004). *Vesikasvillisuus pienten järvien tilan ilmentäjänä*. Kuopio: Suomen ympäristö.
- Vanajavesikeskus. (2023). *Isosorsimo*. Noudettu osoitteesta Vanajavesikeskus: <https://www.vanajavesi.fi/isosorsimo/>

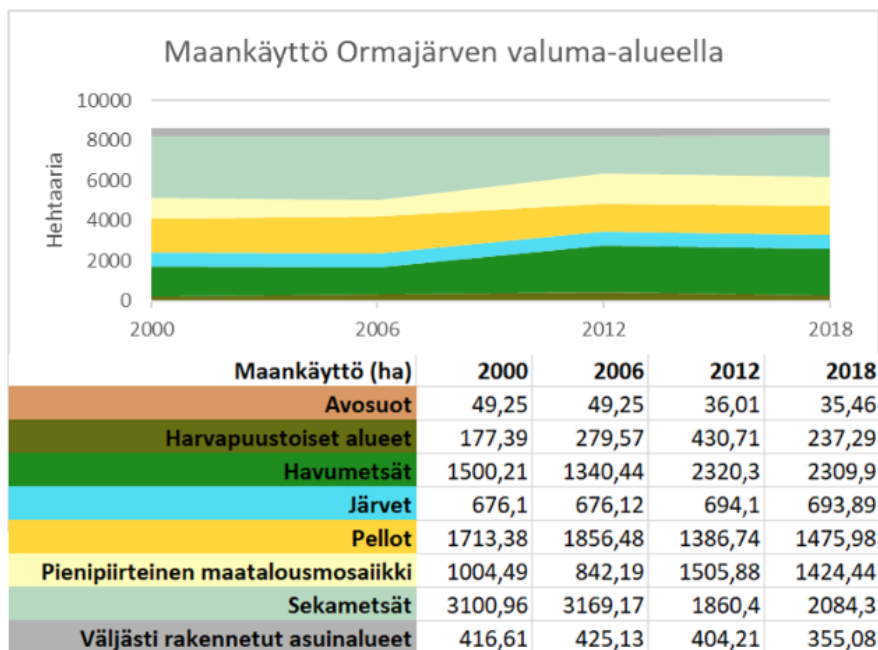
- Vieraslajit.fi. (ei pvm). *Mikä on vieraslaji?* Noudettu osoitteesta Vieraslajit.fi:
<https://vieraslajit.fi/info/i-933>
- Vuorenmaa, J.;Arvola, L.;& Rask, M. (2011). *Hämeen ympäristö muutoksessa. Kaksikymmentä vuotta ympäristön huippututkimusta Valkea-Kotisen alueella.* Helsinki: Suomen ympäristökeskus.
- Vuorinen, Soili. (2004). *LAHOKALLION LUONTOPOLKU.* Lohja: Lohjan ympäristölautakunta.
- WWF. (ei pvm). *Vieraslajit.* Noudettu osoitteesta WWF:
<https://wwf.fi/uhat/vieraslajit/>
- Ympäristöministeriö. (u.d.). *Natura 2000 -verkosto turvaa monimuotoisuutta.* Hämtat från Ympäristöministeriö: <https://ym.fi/natura-2000-verkosto>

8 Liitteet

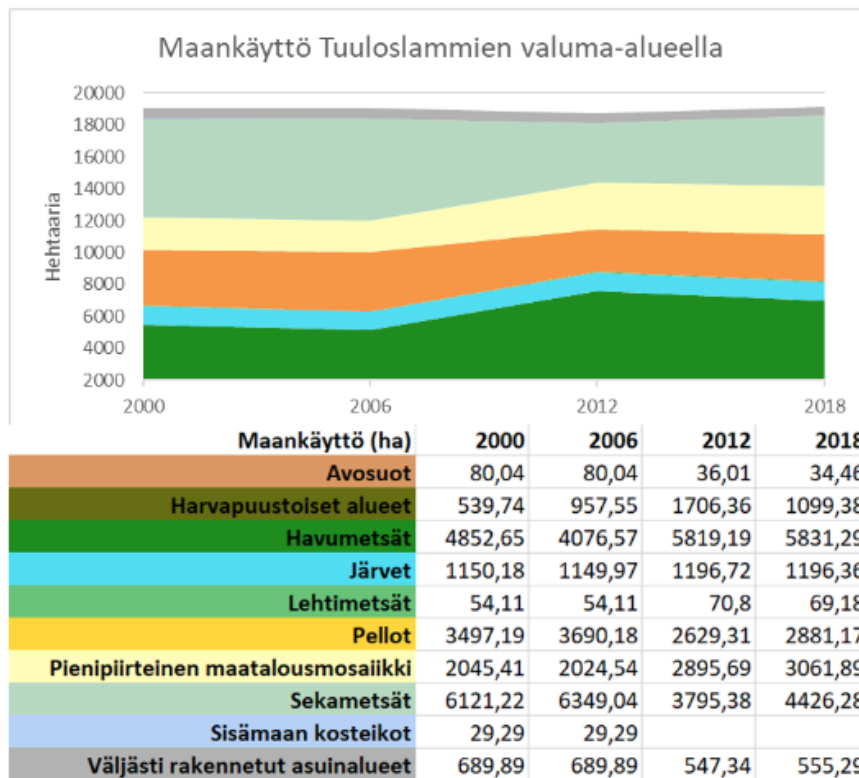
Taulukko 5. Alinen Rautjärven valuma-alueen maankäytön suhteet yhdistettynä taulukkuvaajana vuosilta 2000–2018.



Taulukko 6. Ormajärven valuma-alueen maankäytön suhteet yhdistettynä taulukkuvaajana vuosilta 2000–2018.



Taulukko 7. Tuuloslammien valuma-alueen maankäytön suhteet yhdistettynä taulukkokuvaajana vuosilta 2000–2018.



Taulukko 8. Alinen Rautjärven kasvillisuuden lajilista sekä löydettyjen lajien elomuoto ja ravinteisuusryhmä.

Kasvilaji	Elomuoto	Ravinteisuusryhmä	2000	2023
<i>Tummalahnaruoho, Isoetes lacustris</i>	Pohjalehtiset, isoetidit	O-(M)	x	
<i>Järvikorte, Equisetum fluviatile</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	O-E	x	
<i>Pohjanlumme, Nymphaea candida</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x	x
<i>Isoulpukka, Nuphar lutea</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x	x
<i>Ranta-alpi, Lysimachia vulgaris</i>	Rantakasvi		x	x
<i>Terttualpi, Lysimachia thyrsoiflora</i>	Rantakasvi	O-M	x	x
<i>Kurjenjalka, Potentilla palustris</i>	Rantakasvi	I	x	
<i>Rantakukka, Lythrum salicaria</i>	Rantakasvi	M	x	x
<i>Myrkykeiso, Cicuta virosa</i>	Rantakasvi	M	x	
<i>Suoputki, Peucedanum palustre</i>	Rantakasvi	O-M	x	x
<i>Vesikuusi, Hippuris vulgaris</i>	Uposlehtiset, elodeidit		x	x
<i>Nuottaruoho, Lobelia dortmanna</i>	Pohjalehtiset, isoetidit	O-(M)	x	x
<i>Keltakurjenmiekkä, Iris pseudacorus</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E	x	x
<i>Vehka, Calla palustris</i>	Rantakasvi		x	x
<i>Pikkulimaska, Lemna minor</i>	irtokellujat, lemnidit	(M)-E	x	
<i>Ratamosarpio, Alisma Plantago-aquatica</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	
<i>Uistinviita, Potamogeton natans</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x	x
<i>Puroviita, Potamogeton alpinus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-I	x	
<i>Pikkuviita, Potamogeton berchtoldii</i>	Uposlehtiset, elodeidit	M-E	x	
<i>Rantapalpakko, Sparganium emersum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x
<i>Leveäsmankäämi, Typha latifolia</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x
<i>Järvikaisla, Schoenoplectus lacustris</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x	x
<i>Sarat, Carex sp</i>	Rantakasvi		x	x
<i>Järviruoko, Phragmites australis</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x	x
<i>Raate, Menyanthes trifoliata</i>	Rantakasvi	O-M		x
<i>Rantaluikka, Eleocharis palustris</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	O-(I)		x
<i>Siniheinä, Molinia caerulea</i>	Rantakasvi			x
<i>Kastikat, Calamagrostis sp</i>	Rantakasvi			x
<i>Rentukka, Caltha palustris</i>	Rantakasvi	M		x
<i>Hapsiluikka, Eleocharis acicularis</i>	Pohjalehtiset, isoetidit			x
<i>Jouhivihvilä, Juncus filiformis</i>	Rantakasvi			x

Taulukko 9. Ormajärven kasvillisuuden lajilista sekä löydettyjen lajien elomuoto ja ravinteisuusryhmä.

Kasvilaji	Elomuoto	Ravinteisuusryhmä	1990	1997	2017
<i>Tummalahnaruoho, Isoetes lacustris</i>	Pohjalehtiset, isoetit	O-(M)	x	x	
<i>Vaalealahnaruoho, Isoetes echinospora</i>	Pohjalehtiset, isoetit	O-M	x	x	x
<i>Järvikorte, Equisetum fluviatile</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	O-E	x	x	x
<i>Isoulpukka, Nuphar lutea</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x	x	x
<i>Karvalehti, Ceratophyllum demersum</i>	Irtokeijujat, keratofyllidit	E		x	x
<i>Rantaleinikki, Ranunculus reptans</i>	Pohjalehtiset, isoetit	O-M		x	x
<i>Järvisätkin, Ranunculus peltatus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-(M)	x	x	
<i>Vesitatar, Polygonum amphibium</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	M-E		x	x
<i>Katkeravesirikko, Elatine hydropiper</i>	Pohjalehtiset, isoetit	M-E	x	x	
<i>Äimäruoho, Subularia aquatica</i>	Pohjalehtiset, isoetit	O-M	x	x	
<i>Ranta-alpi, Lysimachia vulgaris</i>	Rantakasvi			x	x
<i>Terttualpi, Lysimachia thyrsoflora</i>	Rantakasvi	O-M	x	x	x
<i>Kurjenjalka, Potentilla palustris</i>	Rantakasvi	I		x	x
<i>Rantakukka, Lythrum salicaria</i>	Rantakasvi	M		x	x
<i>Ruskoörviä, Myriophyllum alterniflorum</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-M	x	x	x
<i>Kalvasärviä, Myriophyllum sibiricum</i>	Uposlehtiset, elodeidit		x	x	x
<i>Myrkykeiso, Cicuta virosa</i>	Rantakasvi	M		x	x
<i>Uposvesitähti, Callitriche hermaphrodita</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E	x	x	
<i>Isovesiheine, Utricularia vulgaris</i>	Irtokeijujat, keratofyllidit	I		x	
<i>Nuottaruoho, Lobelia dortmanna</i>	Pohjalehtiset, isoetit	O-(M)	x	x	x
<i>Pikkulimaska, Lemna minor</i>	Irtokellujat, lemmidit	(M)-E	x	x	x
<i>Ratamosarpio, Alisma Plantago-aquatica</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x	x
<i>Vesirutto, Elodea canadensis</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E	x	x	x
<i>Uistinviita, Potamogeton natans</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I		x	x
<i>Heinäviita, Potamogeton gramineus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-M	x	x	x
<i>Puroviita, Potamogeton alpinus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-I		x	
<i>Pitkälehtiviita, Potamogeton praelongus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	M-E	x	x	x
<i>Ahvenviita, Potamogeton perfoliatus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	I	x	x	x
<i>Pikkuviita, Potamogeton bertholdii</i>	Uposlehtiset, elodeidit	M-E		x	
<i>Tylppälehtiviita, Potamogeton obtusifolius</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E	x	x	x
<i>Haarapalpakko, Sparganium erectum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E	x	x	x
<i>Siimapalpakko, Sparganium gramineum</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	M	x	x	
<i>Rantapalpakko, Sparganium emersum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E		x	x
<i>Leveäsmankäämi, Typha latifolia</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x	x
<i>Luikat, Eleocharis sp.</i>	Ilmaversoiset, helofyytit		x	x	x
<i>Sarat, Carex sp.</i>	Rantakasvi		x	x	x
<i>Ruokohelpi, Phalaris arundinacea</i>	Rantakasvi	M-E		x	x
<i>Järviruoko, Phragmites australis</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x	x	x
<i>Keltakurjenmiekkä, Iris pseudacorus</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E	x	x	x
<i>Järvikaisla, Schoenoplectus lacustris</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x		x
<i>Isonäkinsammal, Fontinalis antipyretica</i>	Vesisammalet, bryidit	O-M			x
<i>Poimuviita, Potamogeton crispus</i>	Uposlehtiset, elodeidit				x
<i>Ojasorsimo, Glyceria fluitans</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	M-E	x		
<i>Hentoviita, Potamogeton pussillus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-M	x		
<i>Kastikka, Calamagrotis sp.</i>	Rantakasvi				x
<i>Jouhivihvila, Juncus filiformis</i>	Rantakasvi				x
<i>Rantayrtti, Lycopus europaeus</i>	Rantakasvi	M-E			x
<i>Rantaminttu, Mentha arvensis</i>	Rantakasvi	M-E			x
<i>Suoputki, Peucedanum palustre</i>	Rantakasvi				x
<i>Pystykehälehti, Sagittaria sagittifolia</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E			x
<i>Korpikaisla, Scirpus sylvaticus</i>	Rantakasvi	M			x
<i>Luhavuohennokka, Scutellaria galericulata</i>	Rantakasvi				x
<i>Isahaarapalpakko, Sparganium microcarpum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit				x
<i>Punakoiso, Solanum dulcamara</i>	Rantakasvi				x
<i>Näkinpartainen, Nitella sp.</i>	Näkinpartaiset, karidit	M-E	x		x
<i>Sarsansammal, Ricciocarpos natans</i>	Vesisammalet, bryidit	E	x		

Taulukko 10. Tuuloslammien kasvillisuuden lajilista sekä löydettyjen lajien elomuoto ja ravinteisuusryhmä.

Kasvilaji	Elomuoto	Ravinteisuusryhmä	1899	1997	2020
<i>Järvikorte, Equisetum fluviatile</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	O-E	x	x	x
<i>Ulpukka, Nuphar lutea</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x	x	x
<i>Valkolumme, Nymphaea alba</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I	x		
<i>Järvisätkin, Ranunculus peltatus ssp. peltatus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	(O)-M	x		x
<i>Terttualpi, Lysimachia thyriflora</i>	Rantakasvi	O-M	x		x
<i>Jokileinikki, Ranunculus lingua</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x	x
<i>Kurjenjalka, Potentilla palustris</i>	Rantakasvi	I		x	x
<i>Rantakukka, Lythrum salicaria</i>	Rantakasvi	M		x	x
<i>Myrkykeiso, Cicuta virosa</i>	Rantakasvi	M		x	x
<i>Suoputki, Peucedanum palustre</i>	Rantakasvi			x	x
<i>Raate, Menyanthes trifoliata</i>	Rantakasvi	O-M	x	x	x
<i>Punakoiso, Solanum dulcamara</i>	Rantakasvi			x	x
<i>Isovesiherne, Utricularia vulgaris</i>	Irtokeijajat, keratofyllidit	I		x	
<i>Kurjenmiekkä, Iris pseudacorus</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E	x	x	x
<i>Vehka, Calla palustris</i>	Rantakasvi	M/I	x	x	x
<i>Ristiilmaska, Lemna trisulca</i>	Irtokeijajat, keratofyllidit	E		x	
<i>Pikkulimaska, Lemna minor</i>	Irtokeijajat, lemmidit	(M)-E		x	x
<i>Pystykeiholehti, Sagittaria sagittifolia</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E	x	x	x
<i>Ratamosarpio, Alisma plantago-aquatica</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x	x
<i>Kilpukka, Hydrocharis morsus-ranae</i>	Rantakasvi			x	x
<i>Vesirutta, Elodea canadensis</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E		x	
<i>Uistinviita, Potamogeton natans</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I		x	x
<i>Puroviita, Potamogeton alpinus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	O-I		x	
<i>Pitkälehtiviita, Potamogeton prelongus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	M-E		x	
<i>Ahvenviita, Potamogeton perfoliatus</i>	Uposlehtiset, elodeidit	I	x	x	x
<i>Tylppälehtiviita, Potamogeton obtusifolius</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E		x	x
<i>Haarapalpakko, Sparganium erectum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E		x	x
<i>Rantapalpakko, Sparganium emersum</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E	x	x	x
<i>Siimapalpakko, Sparganium gramineum</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	M	x		
<i>Leveäosmankämmi, Typha latifolia</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	M-E		x	x
<i>Järvikaisla, Schoenoplectus lacustris</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x	x	x
<i>Sarat, Carex spp.</i>	Rantakasvi		x	x	x
<i>Järviruoko, Phragmites australis</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	I	x	x	x
<i>Sorsansammal, Ricciocarpos natans</i>	Vesisammalet, bryidit	E		x	x
<i>Pohjanlumme, Nymphaea candida</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	I			x
<i>Ruokohelpi, Phalaris arundinacea</i>	Rantakasvi	M-E			x
<i>Rantaluikka, Eleocharis palustris</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	O-(I)			x
<i>Kiehkuraärvvi, Myriophyllum verticillatum</i>	Uposlehtiset, elodeidit	E			x
<i>Luhtalemmikki, Myosotis scorpioides</i>	Rantakasvi	M			x
<i>Rantayrtti, Lycopodium europaeus</i>	Rantakasvi	M			x
<i>Ranta-alpi, Lysimachia vulgaris</i>	Rantakasvi				x
<i>Isokierto, Calystegia sepium</i>	Rantakasvi				x
<i>Ojasorsimo, Glyceria fluitans</i>	Kelluslehtiset, nymfeidit	M-E			x
<i>Sarjarimpi, Butomus umbellatus</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E			x
<i>Luhtavuohennokka, Scutellaria galericulata</i>	Rantakasvi				x
<i>Luhtakuusio, Pedicularis palustris</i>	Rantakasvi				x
<i>Karvalehti, Ceratophyllum demersum</i>	Irtokeijajat, keratofyllidit	E			x
<i>Lehtopalsami, Impatiens noli-tangere</i>	Rantakasvi				x
<i>Tummarusokki, Bidens tripartita</i>	Rantakasvi				x
<i>Pikkuvesiherne, Utricularia minor</i>	Irtokeijajat, keratofyllidit	I			x
<i>Kastikat, Calamagrostis sp.</i>	Rantakasvi				x
<i>Katkeravesinikko, Elatine hydropiper</i>	Pohjalehtiset, isoetidit	M-E			x
<i>Isosorsimo, Glyceria maxima</i>	Ilmaversoiset, helofyytit	E			x